

ZUR ANWENDUNG TOPOGRAPHISCHER METHODEN IN DER
ELEKTROENCEPHALOGRAPHIE

WINFRIED GABEL

1975



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554415_0068

Aus der Neuro-Psychiatrischen Klinik
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

ZUR ANWENDUNG TOPOGRAPHISCHER METHODEN IN DER
ELEKTROENCEPHALOGRAPHIE

Inauguraldissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Medizin
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

den Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von

WINFRIED GABEL

aus Treffurt

MAINZ 1974

Fachbereichsdekan:

Professor Dr. E. Straub

Referent:

Professor Dr. H. Rieger

Korreferent:

Professor Dr. U.H. Peters

Tag der mündlichen Prüfung:

14. Mai 1975

Gesamtherstellung



DITTERS BÜRODIENST

6501 HEIDESHEIM/RHEIN

AM KAPELLEN 1 · RUF 0 6132/57 11



INHALTS-VERZEICHNIS

	Seite
1. EINLEITUNG	1
1.1 Bedeutung und Anwendungsbereich des StB	1
1.2 Historische Entwicklung des StB	2
1.2.1 Entwicklung	2
1.2.2 Aufgaben	3
1.3 Funktion des StB	4
2. MATERIAL UND METHODEN	10
2.1 Meinen Eltern gewidmet	10
2.2 Arbeitsweise	10
2.2.1 Arbeitsweise	10
2.2.2 Arbeitsweise	10
2.2.3 Arbeitsweise	10
2.2.4 Arbeitsweise	10
2.2.5 Arbeitsweise	10
2.2.6 Arbeitsweise	10
2.2.7 Arbeitsweise	10
2.2.8 Arbeitsweise	10
2.2.9 Arbeitsweise	10
2.2.10 Arbeitsweise	10
2.2.11 Arbeitsweise	10
2.2.12 Arbeitsweise	10
2.2.13 Arbeitsweise	10
2.2.14 Arbeitsweise	10
2.2.15 Arbeitsweise	10
2.2.16 Arbeitsweise	10
2.2.17 Arbeitsweise	10
2.2.18 Arbeitsweise	10
2.2.19 Arbeitsweise	10
2.2.20 Arbeitsweise	10
2.2.21 Arbeitsweise	10
2.2.22 Arbeitsweise	10
2.2.23 Arbeitsweise	10
2.2.24 Arbeitsweise	10
2.2.25 Arbeitsweise	10
2.2.26 Arbeitsweise	10
2.2.27 Arbeitsweise	10
2.2.28 Arbeitsweise	10
2.2.29 Arbeitsweise	10
2.2.30 Arbeitsweise	10
2.2.31 Arbeitsweise	10
2.2.32 Arbeitsweise	10
2.2.33 Arbeitsweise	10
2.2.34 Arbeitsweise	10
2.2.35 Arbeitsweise	10
2.2.36 Arbeitsweise	10
2.2.37 Arbeitsweise	10
2.2.38 Arbeitsweise	10
2.2.39 Arbeitsweise	10
2.2.40 Arbeitsweise	10
2.2.41 Arbeitsweise	10
2.2.42 Arbeitsweise	10
2.2.43 Arbeitsweise	10
2.2.44 Arbeitsweise	10
2.2.45 Arbeitsweise	10
2.2.46 Arbeitsweise	10
2.2.47 Arbeitsweise	10
2.2.48 Arbeitsweise	10
2.2.49 Arbeitsweise	10
2.2.50 Arbeitsweise	10
2.2.51 Arbeitsweise	10
2.2.52 Arbeitsweise	10
2.2.53 Arbeitsweise	10
2.2.54 Arbeitsweise	10
2.2.55 Arbeitsweise	10
2.2.56 Arbeitsweise	10
2.2.57 Arbeitsweise	10
2.2.58 Arbeitsweise	10
2.2.59 Arbeitsweise	10
2.2.60 Arbeitsweise	10
2.2.61 Arbeitsweise	10
2.2.62 Arbeitsweise	10
2.2.63 Arbeitsweise	10
2.2.64 Arbeitsweise	10
2.2.65 Arbeitsweise	10
2.2.66 Arbeitsweise	10
2.2.67 Arbeitsweise	10
2.2.68 Arbeitsweise	10
2.2.69 Arbeitsweise	10
2.2.70 Arbeitsweise	10
2.2.71 Arbeitsweise	10
2.2.72 Arbeitsweise	10
2.2.73 Arbeitsweise	10
2.2.74 Arbeitsweise	10
2.2.75 Arbeitsweise	10
2.2.76 Arbeitsweise	10
2.2.77 Arbeitsweise	10
2.2.78 Arbeitsweise	10
2.2.79 Arbeitsweise	10
2.2.80 Arbeitsweise	10
2.2.81 Arbeitsweise	10
2.2.82 Arbeitsweise	10
2.2.83 Arbeitsweise	10
2.2.84 Arbeitsweise	10
2.2.85 Arbeitsweise	10
2.2.86 Arbeitsweise	10
2.2.87 Arbeitsweise	10
2.2.88 Arbeitsweise	10
2.2.89 Arbeitsweise	10
2.2.90 Arbeitsweise	10
2.2.91 Arbeitsweise	10
2.2.92 Arbeitsweise	10
2.2.93 Arbeitsweise	10
2.2.94 Arbeitsweise	10
2.2.95 Arbeitsweise	10
2.2.96 Arbeitsweise	10
2.2.97 Arbeitsweise	10
2.2.98 Arbeitsweise	10
2.2.99 Arbeitsweise	10
2.2.100 Arbeitsweise	10

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. EINLEITUNG	1
1.1 Bedeutung und Anwendungsbereich des EEG	1
1.2 Historischer Überblick über topographische Bemühungen	2
1.2.1 Korrelationsmethoden	3
1.2.2 Alpha-Average	7
1.3 Thematik der Arbeit	9
2. MATERIAL UND METHODE	10
2.1 Patientengut	10
2.2 Arbeitsablauf	10
2.2.1 Ableitetechnik	10
2.3 EEG-Korrelationsanalyse	12
2.3.1 Elimination von Artefakten	12
2.3.2 Nulljustierung	12
2.3.3 Kreuzkorrelation	12
2.3.4 Normierung	13
2.3.5 Karteographische Darstellung	14
3. DARSTELLUNG UND BESCHREIBUNG DER UNTERSUCHUNGS- ERGEBNISSE	17
3.1 Patientengut und Fragestellung	17
3.2 Bildbeschreibung	18
3.3 Befunde bei Normalpersonen	20
3.3.1 I. Typ	20
3.3.2 II. Typ	21
3.3.3 III. Typ	23
3.3.4 Überblick der Befunde bei Normalpersonen	25

	Seite
3.4 Befunde bei psychisch Kranken	27
3.4.1 Patientengut und Fragestellung	27
3.4.2 Bildbeschreibung	27
3.4.3 Überblick über Befunde bei psychisch Kranken	41
3.5 Befunde bei neurologisch Kranken	42
3.5.1 Fragestellung und Patientengut	42
3.5.2 Bildbeschreibung	42
3.5.3 Überblick über Befunde neurologisch Kranker	53
3.6 Befunde bei hirnorganisch Kranken	54
3.6.1 Fragestellung und Patientengut	54
3.6.2 Bildbeschreibung	54
3.6.3 Überblick über Befunde hirnorganisch Kranker	72
3.7 Reproduzierbarkeit der räumlich-zeitlichen Struktur	73
3.7.1 Fragestellung	73
3.7.2 Vergleichsbeschreibung	73
4. DISKUSSION	81
4.1 Befunde bei Normalpersonen	81
4.1.1 I. Typ	81
4.1.2 II. Typ	81
4.1.3 III. Typ	83
4.2 Befunde bei psychisch Kranken	84
4.3 Befunde bei neurologisch Kranken	85
4.4 Befunde bei hirnorganisch Kranken	86
4.5 Reproduzierbarkeit	87
5. ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSBETRACHTUNG	89
6. BIBLIOGRAPHIE	94

1. EINLEITUNG

1.1 Klinische Bedeutung des EEG und sein Anwendungsbereich

Seit BERGER erstmals bioelektrische Potentiale von der Kopfoberfläche des Menschen hatte ableiten und deren Ursprung der grauen Substanz des Gehirns zuordnen können (BERGER 1929-1938), fand die Elektroencephalographie als klinische Untersuchungsmethode weltweite Verbreitung. Über ihren üblichen Anwendungsbereich hinaus - in der Tumordiagnostik, der Epileptologie und überall dort, wo Hirnläsionen oder funktionelle zerebrale Störungen vermutet werden, - hat das EEG auch auf weiteren Gebieten Bedeutung erlangt. So stellt es eine Hilfe dar bei der Beurteilung der Wirkung unterschiedlicher Medikamente auf das Gehirn, von Reifungs- und Alterungsvorgängen und bei psychophysiologischen Fragestellungen.

Die ständige Erweiterung des Verwendungsbereiches dieser Untersuchungsmethode wurde durch den technischen Fortschritt möglich, der dem Untersucher leistungsfähigere, weniger störungsanfällige und dabei leichter zu bedienende Geräte zur Verfügung stellte. Die Kriterien, die zur Beurteilung und Beschreibung der EEG-Kurve benutzt werden, sind zwar im Laufe der letzten Jahrzehnte umfassender und differenzierter geworden, entsprechen jedoch in den Grundzügen den bereits in der Frühzeit der Elektroencephalographie entwickelten Gesichtspunkten.

Es besteht Einigkeit darüber, daß bei der konventionellen Art der Auswertung, die nahezu eine rein visuelle ist, von dem komplexen Geschehen nur ein kleiner Teil an "Information" erfaßt werden kann. So beschränkt sich der Auswerter, qualitative und subjektive Fehler einschließend, mit dem Aufzählen der Rhythmen, der Beschreibung der Amplituden sowie deren Lokalisation. Hinzu kommt eine Beurteilung der Regel- bzw. Unregelmäßigkeit der Kurve und das Beschreiben charakteristischer Wellenformen. Darüber hinaus werden Veränderungen des Kurvenverlaufes beim Augenöffnen, bei Sinnesreizen und physiologischer Belastung kommentiert.

Daß bei dieser optischen Art der Auswertung nur recht grobe Kriterien zur Beurteilung herangezogen werden können und daß darüber hinaus nur ein Bruchteil der in der Kurve enthaltenen Information erfaßt wird, liegt auf der Hand, wenn man berücksichtigt, daß bei einem EEG von 20 bis 30 Minuten Länge und einer Schreibgeschwindigkeit von 30 mm/sec. auf 16 Kanälen etwa 800 Meter Kurvenbild mit dem Auge erfaßt, beschrieben und beurteilt werden müssen.

Hierzu ist allerdings zu bemerken, daß nicht alle Eigenschaften des EEG, das einer Potentialdifferenz als Funktion der Zeit und des Raumes aufgefaßt werden kann, "Information" im Sinne eines bedeutsamen Signals beinhalten müssen. Solange jedoch nicht hinreichend bekannt ist, welche Formelemente und quantitativen Eigenschaften des EEG reproduzierbare Beziehungen zu krankhaften und physiologischen Funktionszuständen des Hirns besitzen, entspricht die Beschränkung auf eine rein visuelle Kurvenanalyse einer willkürlichen Einengung der möglichen Aussagefähigkeit.

Es ist deshalb nicht verwunderlich, daß neben der konventionellen Art der Auswertung, die im wesentlichen die chronologische Dimension sowie den Form- und Amplitudenaspekt im EEG betrifft, schon seit Jahrzehnten nach Wegen gesucht wird, um unser topographisches Wissen im EEG zu erweitern.

1.2 Historischer Überblick über topographische Bemühungen, insbesondere zweier Methoden

Die zur Aufdeckung funktioneller Verbindungen unterschiedlicher lokaler Aktivität angewandten Methoden sind sehr zahlreich. "Ihr gemeinsames Ziel, topographische Beziehungen und 'Strukturen' der hirnelektrischen Aktivität zu erfassen, sie graphisch oder numerisch darzustellen und sie erneut im Hinblick auf klinische Erfordernisse zu analysieren, kann mit einer Methode allein nicht erreicht werden" (RIEGER, 72), so daß sie zum Teil nebeneinander ihre Daseinsberechtigung haben.

Daß topographische Methoden in der klinischen Elektroencephalographie bislang nur wenig angewandt wurden, mag an den methodischen Schwierigkeiten liegen, die eine Erfassung und gute Darstellung der räumlichen Verteilung aufwerfen. Zudem sind viele ältere Methoden an Apparaturen gebunden, die eigens für sie entwickelt wurden und somit im Anwendungsbereich begrenzt bleiben.

Einen umfassenden und verständigen historischen Abriss über topographische Methoden, deren Anwendungsbereich und Ergebnisse zu geben, hieße die Grenzen dieser Arbeit überschreiten. Es soll in diesem Zusammenhang deshalb auf die ausführlichen Darstellungen von RIEGER (1972) und PETSCHKE (1972) verwiesen werden. Die Fülle der Methoden, die Konsequenz, mit der einige von ihnen weiterentwickelt wurden sowie die vielen, z.T. sich widersprechenden Erkenntnisse, können nicht darüber hinwegtäuschen, daß die topographische Forschung das experimentelle Stadium noch nicht verlassen hat. Doch die zunehmende Anwendung von Magnetbandaufnahmen und der elektronischen Rechenanlagen lassen hoffen, daß in den nächsten Jahren das noch lückenhafte Wissen

über die raum-zeitliche Struktur der elektrischen Tätigkeit der Schädeloberfläche vervollständigt werden kann.

Beim Erfassen räumlich-zeitlicher Beziehungen haben sich neben einfacheren, nicht parametrischen Zusammenhangsmaßen, die wegen des geringen Rechenaufwandes manchmal vorzuziehen sind, besonders zwei Methoden als sehr nützlich erwiesen. Es sind die KORRELATIONSMETHODE und die als "ALPHA-AVERAGE" bekannte Summationsmethode.

1.2.1 Korrelationsmethoden

In der Statistik wird der Korrelationskoeffizient (r) als Zusammenhangsmaß zwischen zwei Meßwertreihen gebraucht. Die Kreuzkorrelationsfunktion ermöglicht eine quantitative Messung des Grades an Übereinstimmung zwischen zwei Zeitserien, so z.B. zweier zur gleichen Zeit von unterschiedlichen Orten abgeleiteten EEG. Das Prinzip der Kreuzkorrelations-"Funktion" beruht auf der reihenweisen Berechnung von Kreuzkorrelationskoeffizienten nach systematischem Verschieben der Zeitachse gegeneinander (lag oder τ), wodurch periodische Phänomene in Auto- und Kreuzkorrelationsfunktionen dargestellt werden.

Detailliertere mathematische Erörterungen finden sich bei BENDAT und PIERSOL (1966), JENKINS und WATTS (1968), BARBER (1961), D.O. WALTER (1963), PETSCHE (1972) und MATOUŠEK, M. (1973).

Schon früh fanden diese Verfahrensweisen verbreitete Anwendung, wie Beispiele von BRAZIER und CASBY (1952) zeigen.

Beim Vergleich eines EEG-Stückes mit sich selbst durch Autokorrelation und zweier lokal differenter EEG durch Kreuzkorrelation beschreiben BRAZIER und CASBY den mathematischen Vorgang im Korrelator wie folgt:

"Als erstes registriert der Korrelator die Amplitude eines EEG zu einem bestimmten Zeitpunkt und multipliziert den Wert mit einer anderen Amplitude eines zweiten EEG zum gleichen Zeitpunkt. In diesem Fall beträgt die zeitliche Verschiebung $\tau = 0$. Mit anderen Worten: es wird die Funktion der ersten Zeitserie, $f(t)$, mit einer zweiten, $g(t + \tau)$ zu dem Produkt $f(t) \cdot g(t + \tau)$ umgeformt. Die resultierende Kurve ist nun an Stelle zweier EEG getreten. Die Fläche unter dieser Kurve wird dann integriert. Da der Vorgang nicht unendlich dauert, sondern sich die Analyse vom Zeitpunkt $-T$ bis $+T$ erstreckt, wird durch Division mit $2T$ der Mittelwert des Produktes vom Integral über dem gemessenen

nen Zeitraum gewonnen. Die so erhaltene Funktion ist die "Kreuzkorrelationsfunktion" zweier EEG ohne zeitliche Verschiebung gegeneinander ($\tau = 0$). Sie drückt sich allgemein in folgender Formel aus:

$$f(\tau) = T \xrightarrow{\text{lim}} \frac{1}{2T} \int_{-T}^{+T} f(t) \cdot g(t + \tau) dt \quad (1)$$

(An dieser Stelle ist des besseren Verständnisses wegen anzumerken, daß es bei der von uns benutzten Apparatur, welche später beschrieben wird (s. S. 12/13), kein negatives T gibt. Bei unserem Korrelator erstreckt sich die Analyse vom Zeitpunkt 0 bis zu 409,6 msec. bei einer zeitlichen Verschiebung von 1,6 msec. ($\tau = 1\mu$), die pro Passage 256 mal durchgeführt wird, bis der Vorgang von neuem beginnt und zwar n-mal.

Auch handelt es sich bei der genannten Formel strenggenommen um keine Korrelations-, sondern Kovarianzfunktion, die erst durch Berücksichtigung des ersten Punktes der Autokovarianzfunktion in die Kreuzkorrelationsfunktion umgewandelt wird (s. S. 13/14)).

"Die Fläche unter der Kurve eines EEG-Stückes mit der Dauer von -T bis +T wird durch das Integralzeichen ausgedrückt und der Mittelwert durch $\frac{1}{2T}$. Die Bezeichnung $T \xrightarrow{\text{lim}} \infty$ gibt die Endlichkeit der Funktion bei sich der Unendlichkeit näherndem T an."

Die Schemazeichnung Fig. 1 zeigt zwei identische sinusförmige Signale konstanter Frequenz, deren Amplitude zwischen ± 1 schwankt. Sie werden zunächst (A) ohne zeitliche Verschiebung, alsdann mit einer Verzögerung von 25, 50 und 75 msec. (B, C, D) multipliziert. Rechts ist der Verlauf der Produktkurve dargestellt. Die schematische Zeichnung soll einmal die Entstehung der Produktfunktion $f(t)$ und $g(t + \tau)$ erklären, andererseits verdeutlichen, daß jeder Punkt auf der Kurve mit einer bestimmten zeitlichen Verschiebung (τ) der beiden EEG-Stücke korrespondiert.

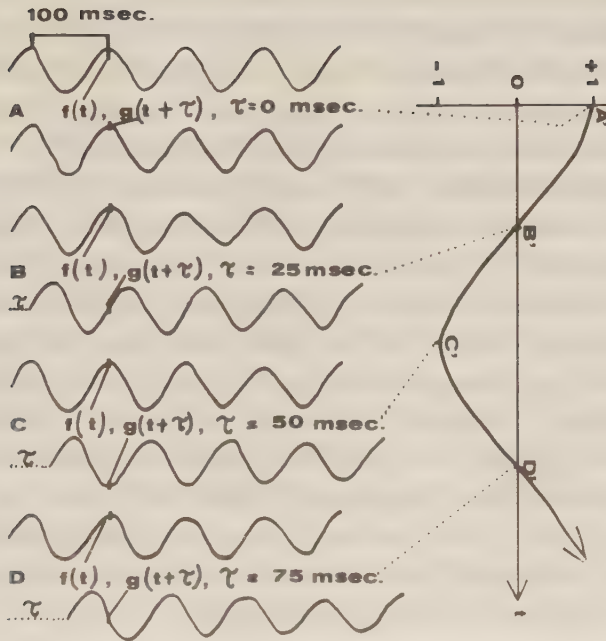


Fig. 1: Links sind zwei sinusförmige EEG-Signale mit einer angenommenen Wellendauer von 100 msec. dargestellt, um die Zeitfunktion $f(t)$ und $g(t+\tau)$ zu erklären. Bei A treten beide EEG simultan auf ($\tau = 0$). Die folgenden drei Zeitserien (B, C, D) sind jeweils um 25, 50 und 75 msec. verschoben. Rechts kann man die entsprechenden Produkte den Punkten A', B', C' und D' entnehmen. Völlige Übereinstimmung kommt in dem Korrelationskoeffizienten +1 bei A' zum Ausdruck. Einer Phasenverschiebung um 180° bei gleichem Kurvenverhalten ist ein Korrelationskoeffizient von -1 (C') zuzuordnen. Nullwerte stellen sich bei Verzögerungen von 25 (B') und 75 msec. (D') ein.

In Anwendung auf das EEG definieren BRAZIER und CASBY (1952) die Autokorrelation als Methode, "um gleichzeitig ablaufende Serien, sich selbst um eine bestimmte Zeiteinheit verschoben, zu vergleichen". "Sie folgern, daß, falls ein sich ständig wiederholendes Element im EEG vorhanden ist (wie z.B. eine durch Reiz hervorgerufene Antwort), die Korrelation des EEG mit sich selbst hoch sein wird, wenn die zeitliche Verschiebung dem Intervall zwischen den einzelnen Stimuli entspricht."

Als weitere nützliche Methode, um EEG-Signale unterschiedlicher Lokalisation zu vergleichen und insbesondere die Beziehung ihrer Phasen zu ergründen, schlagen sie die Kreuzkorrelation vor. "In diesem Fall wird, anstelle eines Vergleiches mit sich selbst durch Autokorrelation, ein Vergleich zweier zur gleichen Zeit aufgenommenen EEG-Ableitungen geführt." Jeder auf der Kreuzkorrelationsfunktion beliebig gewählte Punkt ist einem bestimmten Korrelationskoeffizienten zuzuordnen, der das Maß an Übereinstimmung ausdrückt. "Haben zwei Signale die gleiche Gestalt, so ist der Korrelationskoeffizient $+1$, auch dann, wenn sich die Muster in ihrer Amplitudenhöhe unterscheiden. Stimmen sie im höchsten Maße überein, sind bezüglich ihrer Phase aber genau entgegengesetzt (also um 180° verschoben), so beträgt der Korrelationskoeffizient -1 . Für jeden anderen beliebigen Grad an Übereinstimmung, kommt der Koeffizient zwischen $+1$ und -1 zu liegen." (WALTER, D.O. et al. 1972)

Bei diesen anfangs von BRAZIER und CASBY geführten Studien wurden eigens konstruierte Korrelatoren benutzt. Der immense Rechenaufwand führte jedoch bald dazu, größere digitale Rechenanlagen einzusetzen oder aber auf einfachere Techniken mit geringerer mathematischer Strenge zurückzugreifen (SATO et al. 1962 a, b; KAMP et al. 1965; STORM VAN LEEUWEN et al. 1963; WALSH 1958).

Obschon diese Methoden an den Einsatz umfassender Rechenautomaten gebunden sind, stießen sie auf allgemeines Interesse, wie die weitverbreitete Anwendung zeigt.

BRAZIER und CASBY beschrieben 1952 Asymmetrien von Auto- und Kreuzkorrelationen bei Hemisphärenprozessen. Hauptsächlich hirnorganische Prozesse wurden von russischen Autoren mit diesen Methoden untersucht. Dabei kommt es zu einem raschen Absinken des Autokorrelogramms bzw. zu geringen interregionalen Koppelungen im Kreuzkorrelogramm. Bei der Beurteilung bewertete man nicht nur die Höhe der Korrelationen, sondern auch das Fehlen periodischer Komponenten.

BARLOW benutzte die Korrelation um Beziehungen des EEG und der Gedächtnisfunktionen

beim Korsakow-Syndrom zu ergründen und korrelierte EEG mit der Tremorfrequenz bei familiären Tremorformen.

MATOUŠEK und SYNEK fanden Unterschiede der Korrelogramme einer Neurotikergruppe mit flachem EEG im Vergleich zu einer normalen Kontrollgruppe mit visuell gleichartigem EEG.

DARROW und HICKS haben psychophysiologische Untersuchungen durchgeführt und das EEG bei akustischen Reizen untersucht. Sie fanden Unterschiede zwischen Wirkung sensorischer Reize, indifferenter Worte und affektgeladenen Reizworten. Die Versuche mit Korrelationsmethoden lassen vermuten, daß sie sich prinzipiell dazu eignen, über topographische Probleme Auskunft zu geben. Sie wurden allerdings, soweit wir sehen, lediglich dazu benutzt, nur die Beziehung zwischen den elektrischen Aktivitäten zweier Hirnregionen in Beziehung zu setzen.

Ein anschauliches Beispiel liefert die Arbeit von LISKE (LISKE 1967), die anhand von Kreuzkorrelationsuntersuchungen an 42 Normalpersonen über die Dominanz der Alpha-Aktivität der einen oder anderen Hemisphäre sowie über das Phasenverhalten zwischen beiden Hirnhälften informiert.

Über die topographische Anwendung von Korrelationsmethoden wurde erstmals von RIEGER (1973) berichtet, der sich in seiner Darstellung an die folgende topographische Methode anlehnt.

1.2.2 Alpha-Average

Die Kreuzkorrelation hatte bislang zur Untersuchung topographischer Fragestellungen keine konsequente Anwendung gefunden; in der Regel beschränkt man sich auf den Vergleich zweier Kurven, der nicht zu einer Analyse der Verteilungsform über größeren Arealen führt. Versuche, Kreuzkorrelationen in Form multipler Korrelationen mit nachträglicher dreidimensionaler Darstellung als größeres zeitlich-räumliches Kontinuum darzustellen, wurden bislang noch nicht unternommen.

Anders verhält es sich mit der Methode des "Alpha-Average", die von der Gruppe um REMOND entwickelt wurde (REMOND et al. 1969). Dabei überführte man den spontanen Alparhythmus in eine gemittelte Form, welche sich von dem Prinzip der Mittelwertbildung, wie sie auch zur Gewinnung corticaler Reizantworten angewandt wird, ableitet. Anschließend wird die Verteilung des Alphamusters in dreidimensionaler Form dargestellt.

Die Montage bestand aus einer mittleren bipolaren Längsreihe (8 Kanäle), die sich vom Vertex bis zum Inion erstreckte sowie aus einer bipolaren Querreihe mit gleicher Elektrodenzahl (9), die die Längsreihe in der Mitte kreuzte. Längsreihe, Querreihe und eine Kreuzmontage, die zentralen Elektroden einbeziehend, gaben Aufschluß über das Verhalten des Alparhythmus der bezeichneten Schädelregion. Durch die sich anschließende dreidimensionale Darstellung in Form einer Raum-Zeit-Karte gelang eine Kondensation unzähliger Einzeldaten in übersichtlicher Weise, die neben einer eindrucksmäßigen Erfassung des mittleren Alparhythmus eine quantitative Darstellung von Frequenzstabilität, Symmetrie und räumlicher Verteilung gestattete.

Die Methode des "mittleren Alpha" ermöglichte die Formulierung eines "Alphamodells", nachdem sich etwa über dem Mittelpunkt der angewandten Montage ein von negativ nach positiv und umgekehrt pulsierendes Potentialmaximum befindet, das nach frontal und occipital sowie nach beiden Seiten einen Amplitudenabfall zeigt (JOSEPH, RIEGER, REMOND 1967; JOSEPH et al. 1969; REMOND 1968; RIEGER 1972 b).

Im Gegensatz zu früheren topographischen Untersuchungen, aber auch zu jenen, die aktuell von PETSCHKE (1970) und LEHMANN (1971 a) angewendet werden, ist die vom Neurophysiologischen Institut der Salpêtrière entwickelte Average-Methode statistischer Natur, d. h. sie verzichtet auf die topographische Darstellung kurzfristig andauernder Aktivitätsmuster, um dafür durch "averaging" repräsentive EEG-Phänomene über längere Zeiträume (in der Größenordnung von Minuten) zu isolieren. Die Methode wurde, da über die Topographie des Alparhythmus, insbesondere über ihre statistischen Eigenschaften, keine hinreichenden Kenntnisse vorlagen, zunächst bei gesunden Kindern und Erwachsenen angewandt, um dann spezielle Probleme der funktionellen Hirnreifung und der Symbolfunktionen im Kindesalter zu behandeln (LAIRY et al. 1969).

Eine Schwierigkeit bei der Anwendung dieser Methode besteht darin, daß eine spezielle Apparatur oder ein für diesen Zweck programmierte Rechenanlage notwendig ist, um eine Erkennung jener Wellen zu ermöglichen, die in die Durchschnittsberechnung einbezogen werden sollen. Diese Voraussetzungen sind aber in den wenigsten Laboratorien vorhanden, welche sich mit topographischen Untersuchungen befassen, so daß einer breiten Anwendung Grenzen gesetzt sind.

Weniger problematisch wäre die Verwendung von Kreuzkorrelationen, da die Existenz handelsüblicher Korrelatoren für EEG-Laboratorien entsprechende Untersuchungen er-

leichtert. Erste Versuche einer topographischen Darstellung von Kreuzkorrelationsfunktionen wurden von RIEGER (1973) sowie RIEGER und GABEL (1973) vorgestellt, wobei auch gezeigt werden konnte, daß die Ergebnisse denen des "Alpha-Average" in hohem Ausmaß entsprechen.

Die vorliegende Arbeit setzt sich zum Ziel, die topographische Anwendung von Kreuzkorrelationsfunktionen ausführlicher darzustellen.

1.3 Thematik der Arbeit

Weil die Erfahrungen auf dem Gebiet der EEG-Topographie fast ausschließlich Einzelbeobachtungen bei Normalpersonen betreffen, setzt sich die nachfolgende Untersuchung zum Ziel, Aufschlüsse über räumliche Verteilungsmuster des Alpharhythmus im EEG verschiedener Patientengruppen und einer Gruppe von Normalpersonen zu gewinnen. Dabei werden multiple Kreuzkorrelationsfunktionen und deren dreidimensionale Darstellung verwendet. Das geringe bisher in der Weltliteratur veröffentlichte Untersuchungsmaterial zwingt die Arbeit in einen orientierenden Rahmen ohne statistische Zielsetzung.

2. BESCHREIBUNG DES BENUTZTEN MATERIALS UND DER ANGEWANDTEN METHODE

2.1 Aufgliederung des Patientengutes

Die Untersuchung über die Verteilung des Alphasgrundrhythmus mittels multipler Kreuzkorrelationen wurden an insgesamt 24 Personen durchgeführt, die sich in folgende Gruppen gliedern:

6 Normalpersonen,	
5 psychisch Kranke,	mit unauffälligem EEG,
5 neurologisch Kranke,	
8 hirnganische Erkrankungen	mit seitenbetonten EEG-Anomalien.

Bei der Auswahl der Patienten wurden jene mit gut ausgeprägtem Alphamuster im Routine-EEG vorgezogen, da sich die Analyse vorwiegend auf die räumlich-zeitlichen Eigenschaften dieses Wellentypes erstrecken sollte, und wir weitere Variable, die sich aus einer deutlich verlangsamten Grundfrequenz (Allgemeinveränderungen) ergeben könnten, vorerst vermeiden wollten. Bei den Normalpersonen wurde auf ein Routine-EEG verzichtet.

2.2 Gesamtübersicht über den Arbeitsablauf

Das EEG der gewählten Elektrodenplatzierung (Abb. 1) wird simultan auf Magnetband aufgenommen, anschließend mittels eines Korrelators analysiert und das Ergebnis, die Kreuzkorrelationsfunktion, durch einen Tintenschreiber ausgeschrieben. Die Kurve wird alsdann normiert und graphisch unter Anwendung linearer Interpolation dreidimensional als Karte dargestellt. Die erhaltenen kartographischen Bilder werden dann beschrieben und miteinander verglichen.

2.2.1 Ableitetechnik

Die Ableitung erfolgt bipolar mit handelsüblichen Z-Elektroden. Die EEG-Kurven werden auf 8 Kanälen eines SCHWARZER EEG-Apparates aufgezeichnet. 8 Elektroden (Abb. 1; A) sind in einem Abstand von ca. 2,5 cm - die Elektrodendistanz kann je nach Kopfgröße leicht differieren - zu einer Querreihe von rechts nach links angeordnet. Diese schneidet die Mittellinie über der halben Entfernung zwischen Vertex und

Inion und umfaßt somit die Distanz zwischen rechter und linker hinterer Temporalregion. Die Aufzeichnung erfolgt in rechts-links-Richtung auf Kanal 2-8. Der Kanal 1 bleibt einer bipolaren Längsableitung mit weiter Elektrodendistanz vorbehalten - Elektrodenplatzierung Vertex und hoch occipital Mitte -. Er dient als Referenzkanal und empfängt den Alparhythmus im Niveau der Medianlinie.

(Diese Elektrodenplatzierung für den Referenzkanal wurde deshalb gewählt, weil man bei räumlich-zeitlichen Untersuchungen des Alparhythmus beobachten konnte, daß die räumliche Darstellung in Abhängigkeit vom gewählten Referenzkanal variieren kann. Das trifft besonders dann zu, wenn das konventionelle EEG unilaterale Anomalien aufweist oder die Elektrodenplatzierung über einer Region mit niedriger Korrelation gegenüber den anderen Ableitungen erfolgte (z.B. Phasenumkehrzonen; REMOND 1969). Um diese Möglichkeit der Variabilität zu vermeiden und um einen Vergleich der beiden Hemisphären zu ermöglichen, bot sich ein Referenzkanal in der Mitte als beste Lösung an.)

Natürlich könnten bei einem 8-Kanal-EEG alle theoretisch möglichen 28 Kreuzkorrelationsfunktionen berechnet und topographisch dargestellt werden. Da die Methode jedoch beim jetzigen Stand der technischen Ausrüstung Zeitaufwand erfordert, und wir auf Übersichtlichkeit der Ergebnisse Wert legen, wird lediglich die Aktivität eines Referenzkanals "über die Mittellinie mit den übrigen 7 EEG-Aktivitäten korreliert.

Die Ableitedauer beträgt bei geschlossenen Augen, körperlicher und psychischer Entspannung 10 Minuten. In keinem Fall liegt sie unter 5 Minuten. Die Aufnahme erfolgt bei einem Papiervorschub von 15 mm/sec und einer Bandgeschwindigkeit von 9,5 cm/sec. Als Magnetbandspeicher findet der "EPI-2" der Compagnie des Compteurs (CdC; Schlumberger) Verwendung. Zur Überprüfung der Magnetbandspeicherung wird unmittelbar nach der Aufnahme das Band wieder über das EEG-Gerät abgespielt.

Die Analyse wird mit dem "Fabri-Tek Series 1070 Signal Avaraging System" durchgeführt, wobei als Einschübe verwendet werden: der Korrelatoreinschub Modell SD 75 A und der Zeitgeber S W 71.

2.3 Vorgehen bei der EEG-Korrelationsanalyse

2.3.1 Elimination von Artefakten

1. Schritt: Visuelle Auswahl artefaktfreier EEG-Fragmente durch Bandwiedergabe auf das EEG-Gerät.

Vor Beginn des Korrelationsvorganges durch simultanes Einspielen von Referenzkanal (x) und einem der Kanäle in der Reihenfolge 2 - 8 (y) vom Magnetband in den Korrelator, wird eine Auswahl des zur Analyse geeigneten Fragmentes getroffen. Dies geschieht durch visuelle Auswahl artefaktfreier EEG-Fragmente durch Bandwiedergabe auf das EEG-Gerät.

2. Schritt: Überprüfung am Oszilloskop.

Da gewisse Artefakttypen der Wiedergabe auf Papier entgehen können, schließt sich eine oszilloskopische Überprüfung an. Durch einfaches Überspielen eines jeden Kanals in den Computer und Reproduktion der EEG-Kurve auf dem Bildschirm können unter Berücksichtigung der jeweiligen Bandspeichernummer weitere Artefakte eliminiert werden, indem diese während der Analyse ausgelassen werden.

2.3.2 Nulljustierung

Der Mittelwert bzw. das Integral einer EEG-Kurve ist theoretisch gleich 0. In der Praxis können bei der Bandspeicherung Gleichspannungskomponenten auftreten, die zu eliminieren sind, da diese als Konstanten in Auto- und Kreuzkorrelationsfunktionen eingehen würden. Die Apparatur erlaubt eine stufenlos regelbare Kompensation durch Anlegen einer der evtl. Abweichung entgegengesetzten Gleichspannung. Das zu analysierende EEG-Fragment wird in Digitalwerte umgewandelt und diese summiert. Ein etwa von 0 abweichender Mittelwert wird durch Nachregeln kompensiert. Erst mit dieser Einstellung ($\bar{x} \sim 0$) wird die Korrelationsfunktion berechnet.

2.3.3 Kreuzkorrelation

In dem Digital-Korrelator wird die "Korrelationsfunktion" nach folgender Formel berechnet:

$$\rho_{AB}(\mu \Delta \tau) \sim \sum_{i=0}^K A(t_i) B(t_i + \mu \Delta \tau)$$

(für $\mu = 0$ bis 255)

Wie aus der Formel zu ersehen ist, handelt es sich hier nicht um eine Korrelationsfunktion (Aneinanderreihung von Korrelationskoeffizienten als Funktion von $\mu \Delta \tau$), sondern vorerst um eine Kovarianzfunktion, die folgendermaßen zustande kommt:

Der Korrelator wandelt das EEG zweier simultan abgeleiteter "Kanäle" in Digitalwerte um, die in der Folge statt mit A und B mit x und y bezeichnet werden. Die Digitalisierungsperiode beträgt 1,6 msec. Dann werden die Produkte $x_0 y_0, x_0 y_1, x_0 y_2$ bis $x_{255} y_{255}$ gebildet und getrennt in 256 Adressen gespeichert. Nach 256 mal 1,6 msec. (also 409,6 msec.) beginnt der Vorgang erneut, insgesamt N-mal. (N bewegt sich hier in der Größenordnung von 1000-1500 und höher). Dabei wird das neue Produkt $x_0 y_0$ dem vorhergehenden zuaddiert, so daß in der Adresse 1 nach N Passagen (sweeps) die $\sum x_0 y_0$ mit N Summanden enthalten ist, in Adresse 2 die $\sum x_0 y_1$, in Adresse 3 die $\sum x_0 y_2$ etc.. Zu beachten ist, daß x_0 von einer Passage zur anderen unterschiedliche Werte annimmt. Die im Speicher aufeinander folgende Zahlenreihe oder Produktsumme $x_0 y_0$ bis $x_{255} y_{255}$ ist eine Funktion, die sich bei fehlender Korrelation nicht überzufällig von 0 unterscheidet, in der Regel jedoch rhythmische positive und negative Komponenten zeigt. Die rhythmischen, beiden Meßwertreihen gemeinsamen Frequenzkomponenten des EEG bleiben in dieser "Kovarianzfunktion" erhalten. (Die theoretische Begründung findet sich bei WALTER, D. O. 1972).

2.3.4 Normierung

Die Reihe der Produktsummen (Kovarianzfunktion) ist zunächst eine reine Zahlenreihe; sie kann unter Verwendung weiterer Meßwerte in die Korrelationsfunktion überführt und somit normiert werden. Dies ermöglicht erst eine von der EEG-Amplitude unabhängige topographische Darstellung und den Vergleich verschiedener Patienten. Hierbei wird allgemein die Ordinate in Bruchteilen des Korrelationskoeffizienten ausgedrückt, also von - 1,0 bis + 1,0.

Zur Berechnung des Umrechnungsfaktors und damit zur Eichung der Ordinate sind weitere Informationen nötig. Um den Korrelationskoeffizienten r zu berechnen, gehen wir von der in der Statistik allgemein bekannten Formel für r aus:

$$r = \frac{\sum x y - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sqrt{\left[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \right] \left[\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \right]}}$$

Da x und y gleich 0 sind (Gleichspannungskompensation!), vereinfacht sich die Formel zu:

$$r = \frac{\sum x \cdot y}{\sqrt{\sum x^2 \cdot \sum y^2}}$$

Σxy wird durch die Kovarianzfunktion geliefert. Unbekannt sind vorerst Σx^2 und Σy^2 . Diese Werte sind aus der Kreuzkorrelationsfunktion nicht abzulesen. Sie werden den Autokorrelationsfunktionen des EEG x und y entnommen. Die Autokorrelationsfunktion wird apparativ analog zu Abschnitt 2.3.3 gewonnen. Der Unterschied besteht darin, daß jede Kurve mit sich selbst multipliziert wird. In Adresse 1 findet sich im Speicher Σx_o^2 bzw. Σy_o^2 . Mit diesen Werten wird nunmehr in die Formel für den Korrelationskoeffizienten r eingegangen. Es ergeben sich hieraus die einem $r \pm 1$ entsprechenden Werte von xy , sowie alle beliebigen Zwischenwerte für r , die nach Berechnung in Stufen von 0,1 automatisch durch einen x - y -Schreiber in die vorliegende Kovarianzfunktion eingetragen wurden.

N sollte nach Möglichkeit für alle Analysevorgänge (Averaging, Auto- und Kovarianzberechnung) konstant gehalten werden. Sollte man einmal aus apparativen (kein automatischer Analysestop) oder sonstigen Gründen genötigt sein, etwas unterschiedliche Werte für N pro Analysegang in Kauf zu nehmen, ist folgende Formel korrekterweise anzuwenden:

$$r = \frac{\sum x \cdot y}{N_{xy} \sqrt{\frac{\sum x^2}{N_x} \cdot \frac{\sum y^2}{N_y}}}$$

Der Index von N bezieht sich auf den jeweiligen Analysegang. In unseren Versuchen waren die Divergenzen in Hinblick auf N gering (maximal etwa $\frac{N}{20}$).

2.3.5 Anfertigung der kartographischen Darstellung

Die Aufgabe, die durch mehrere Kreuzkorrelationsfunktionen gewonnenen Ergebnisse synoptisch sichtbar zu machen, wird durch eine quasi-dreidimensionale Darstellung gelöst, wie sie analog bei anderen topographischen Analyseverfahren benutzt wurden (RIEGER 1972, REMOND 1969, LEHMANN 1971), bei der Korrelationsmethode jedoch erstmals Anwendung finden.

Dabei wird die Ordinate (Abb. 1; D) in acht, den Kanälen entsprechende und der Abszisse parallel verlaufende Linien unterteilt. Auf die jeweilige "Kanallinie" projiziert sich die korrespondierende Kreuzkorrelationskurve. Die Kurve wird bei diesem Vorgang gleichsam um 90° aus der Papierebene herausgehoben, wobei die Schnittpunkte von Niveaulinie und Korrelationskurve auf der "Kanallinie" (Abszisse $= \mu \Delta \tau$) zum entsprechenden Zeitpunkt zur Abbildung kommen. Durch lineare Interpolation werden die Korrelationswerte für den Zwischenraum benachbarter Kanäle gefunden. Ähnlich den Isobaren einer Wetterkarte können dann "Isokorrelationslinien" gezeichnet werden, die die funktionelle Abhängigkeit des EEG von Zeit- und Raumkoordinate insgesamt wiedergibt. Der somit zur Darstellung gebrachte Korrelationsgrad zwischen dem EEG-Kanal 2-8 und dem "Referenzkanal" über der Mittellinie ist jeweils der Zahl der Niveaulinien direkt proportional (1 Niveau $r = 0,1$ entspr.). Darüber hinaus kann die dominierende Frequenz an der Zeitachse (Abszisse) abgelesen werden.

Zur besseren Übersicht wurden positive und negative Korrelationsfehler durch unterschiedliche Struktur und Farbe gekennzeichnet. Die durchgehenden, dunklen Linien im grauen Feld zeigen positive, die gepunkteten Linien auf weißem Grund negative Korrelationsareale an. Das dick schwarz ausgezogene Band zwischen hellen und dunklen Flächen gibt Orte fehlender Korrelation wieder (Abb. 1; D).

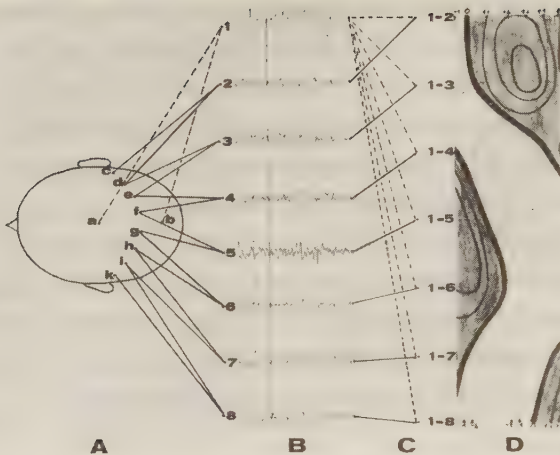


Abb. 1 Montageskizze

Legende:

A: Die Montageskizze gibt Auskunft über die Elektrodenplatzierung; a = Vertex, bezeichnet die halbe Distanz zwischen Nasion und Inion; b liegt in der Mitte zwischen Inion und Schnittpunkt der Quer- und Längsreihe. Beider Schnittpunkt liegt in der Mitte zwischen Vertex (a) und Inion; c-k entspricht der Elektrodenverteilung der Querreihe. Die weite Distanz des Referenzkanals kommt zwischen a und b zur Darstellung.

B: Die Ziffern 1-8 entsprechen den Zeilen (Kanälen) des EEG. Die hohen Amplituden im Referenzkanal erklären sich durch die weite Elektrodendistanz.

C: Die Reihenfolge der vorgenommenen Kreuzkorrelationen ist von oben nach unten abzulesen. Die Zahlen entsprechen den zwischen den Kanälen vorgenommenen Kreuzkorrelationen; dabei wird Kanal 1 (Referenzaktivität) systematisch mit der über Kanal 2-8 zu beobachtenden Aktivität in Beziehung gesetzt (korreliert).

D: Kartographische Umwandlung der Korrelationsfunktionen. Die "Kannallinien" verlaufen hinter den zugehörigen Zahlen auf der Ordinate parallel zur Abszisse. Sie werden von den Niveaulinien durchkreuzt, die Orte gleicher Korrelationsniveaux verbinden. Benachbarte "Isokorrelationsniveaux" unterscheiden sich um eine Differenz von $r = 0,1$. Positive Korrelationsareale heben sich grau von den negativen in weiß belassenen ab.

3. DARSTELLUNG UND BESCHREIBUNG DER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

3.1 Aufschlüsselung des Patientengutes

Nach der oben beschriebenen Methodik wurden die unter gleichen Bedingungen abgeleiteten Wach-EEG 6 klinisch gesunder Personen und 18 Kranker der Neuropsychiatrischen Klinik in Mainz untersucht. Da für das klinische, von der Kopfhaut abgeleitete EEG, bislang noch erhebliche Unklarheit über die normale topographische Verteilung der Grundaktivität herrscht, besonders dann, wenn die Frage nach ihrer räumlich-zeitlichen Koppelung und ihrer Phasenbeziehung gestellt wird, war es notwendig, den Rahmen für die in Frage kommenden Patienten nicht zu eng zu fassen.

Unter dem Aspekt einer Bestandsaufnahme ohne strenge nosologische und statistische Zielsetzung wurden deshalb neben Normalpersonen auch EEG von Tumorpatienten, neurologisch und psychiatrisch Kranken sowie Aufzeichnungen von Patienten mit Anfallsleiden untersucht.

Bei dieser orientierenden Untersuchung haben sich uns drei Fragen gestellt:

- A) Welche Feststellungen kann man beim Betrachten der "Karten" klinisch gesunder Menschen treffen?
- B) Existieren Abweichungen bei den Kranken mit psychischen oder hirnorganischen Störungen, die bei der visuellen EEG-Analyse ein unauffälliges EEG haben?
- C) Findet sich der bei der visuellen Analyse erhobene pathologische EEG-Befund auch in der räumlich-zeitlichen Struktur wieder?

Es erschien uns sinnvoll, diese Fragestellung der Beschreibung unserer Bilder zugrunde zu legen. Sie soll verdeutlichen, daß es uns bei unserer topographischen Zielsetzung zunächst nicht darum geht, die zeitlich-räumlichen Karten der einzelnen Patientenformationen im Sinne eines statistischen Gruppenvergleiches auszuwerten oder gar eine topographische Symptomatologie für die unterschiedlichen Krankheitsbilder zu finden. Wir wollen vielmehr allgemein das topographische Verhalten des Alpha-Grundrhythmus bei Gesunden und Kranken beschreiben und untersuchen, ob diese durch multiple Kreuzkorrelationen und anschließender dreidimensioneller Darstellung der Kurve gewonnenen "Karten" zusätzlich neue Informationen beinhalten, die über die Aussage des konven-

tionellen EEG hinausgehen.

Die naheliegende Frage der Krankheitsspezifität der Befunde wird hingegen nur durch wesentlich umfangreichere, nunmehr statistisch orientierte Untersuchungen zu beantworten sein.

Die vorliegende Arbeit bemüht sich, zu den noch weitgehend unbekannten topographischen Grundkonfigurationen einen deskriptiven Beitrag zu leisten.

3.2 Vorgehen bei der Bildbeschreibung

In Hinblick auf die noch geringen Kenntnisse und spärlichen Beobachtungen über das, was bei den räumlichen Strukturen "normal" oder "pathologisch" ist, haben wir bei der Beurteilung der Schaubilder diese bewertenden Bezeichnungen gemieden und beschreiben die Anordnungen mit "gewohnt" und "ungewöhnlich".

Um zu einer zusammenfassenden Bildbeurteilung zu kommen, wurden folgende Einzelkriterien, die anhand der Abb. 2 (EEG-Nr. 20, Hubert, R., 38 J.) erläutert werden, herangezogen:

a) Die zeitliche Organisation unter Berücksichtigung von Wellendauer, Frequenz und Frequenzstabilität über den gemessenen Zeitraum von 409,6 msec. Die Wellendauer ist der Zahlenangabe der Abszisse zu entnehmen und umfaßt die Dauer eines dunklen und hellen Feldes, gemessen von 0-Niveau zu 0-Niveau. Durch Umrechnung der auf dem Schaubild erfaßten Wellen auf eine Sekunde, kann man eine Durchschnittsfrequenz ermitteln. Dieses Kriterium dient nur zur Groborientierung, da sie exakter durch frequenzanalytische Methoden zu erfassen wäre. Die im Kreuzkorrelogramm erkennbare Frequenz entspricht der dominierenden EEG-Frequenz, sofern diese beiden Kanälen gemeinsam ist. Darüber hinaus vermittelt die Karte rasch einen Eindruck von der ausgeprägten Frequenzstabilität des zugrunde liegenden EEG, die sich durch einen geringen Korrelationsabfall in Richtung der Zeitachse ausdrückt. Auf der Abb. 2 kommt ein mittlerer Alpha-Grundrhythmus mit einer Wellendauer von 100 msec., einer Frequenz von 10/sec zur Darstellung. Die Frequenzstabilität ist gut. Wir finden nach 409,6 msec Analysezeit noch einen beidseits hohen Korrelationsgrad von $\pm 0,3$.

b) Die räumliche Organisation orientiert sich an der Phasenumkehrzone, die in der Nähe des Kanals 5 zu sehen ist, sowie an der Lage der Korrelationsmaxima,

3.3 Beschreibung der Befunde bei Normalpersonen

Der folgenden Beschreibung des Bildmaterials ist die Gruppe der gesunden Erwachsenen mit einem Alpha-EEG vorangestellt. Beim Studium der räumlich-zeitlichen Verteilung dieses Wellentypes finden sich mit der erläuterten Methode "typische" Verteilungsmuster, die sich in abgewandelter Form auch bei den Kranken wiederfinden. Wir erkennen drei immer wiederkehrende, sich deutlich unterscheidende Muster, die durch unterschiedliches Phasenverhalten charakterisiert sind.

3.3.1 1. Typ

Die erste Gruppe ist gekennzeichnet durch ein Korrelationsmaximum über jeder Hemisphäre und einer einzigen Phasenumkehrzone, wie es auf der Abb. 2 zu sehen ist.

Eine nicht ganz so strenge, doch aspektmäßig recht symmetrische Verteilung des Musters mit einem in der hinteren Temporalregion jeder Hemisphäre liegenden Korrelationsmaximum, zeigt die Abb. 3 (EEG-Nr. 29, G.W.) eines 30 jährigen Gesunden.

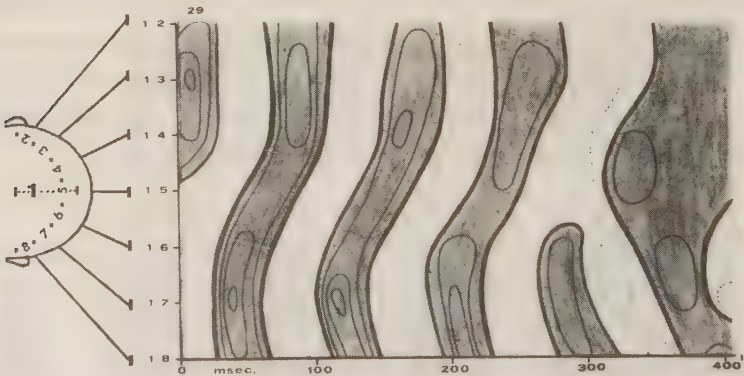


Abb. 3: Topographische Darstellung, EEG-Nr. 29, G.W., 30 J., gesunder Erwachsener

Symmetrisch gegliedertes Bild mit 2 Korrelationsmaxima bei Kanal 3 und 7, sowie Phasenumkehr median bei Kanal 5. Der Korrelationsgrad ist mit +0,3 mäßig und bis 300 msec beidseits relativ stabil, rechts jedoch etwas schneller in Richtung der Zeitachse abfallend als links. Die Strukturunregelmäßigkeiten nach 300 msec sind durch stärkere Zufallsschwankungen zu erklären, die sich bei einem r unter 0,1 einstellen.

Das dazugehörige konventionelle EEG zeigt in der "hochoccipitalen" bipolaren Querreihe einen spärlichen Alparhythmus von 11/sec.

Ergänzend läßt sich zu diesem häufig anzutreffenden Typ mit zwei Maxima und einer in der Nähe der Mittellinie befindlichen Phasenumkehrzone sagen, daß die Höhe der Korrelation mit wachsender Analysezeit auf beiden Seiten nahezu gleich stark abnimmt. Darüber hinaus findet sich häufig eine gewisse Seitenasymmetrie in Hinblick auf die Lokalisation des Korrelationsmaximums, während die Zahl der korrespondierenden Niveaux recht symmetrisch ist, was den Absolutwert des Korrelationskoeffizienten betrifft.

3.3.2 11. Typ

Unter den gesunden Probanden findet man ferner oft einen anderen Kartentyp. Dieser zeigt allgemein eine dichtere, jedoch ebenfalls streng symmetrische Gliederung. Sie kommt dadurch zustande, daß sich nicht wie beim ersten Typ über jeder Hemisphäre ein Korrelationsmaximum darstellt, sondern zwei Maxima entgegengesetzten Vorzeichens anzutreffen sind. Dadurch gesellt sich zu der gewohnten median gelegenen Phasenumkehrzone eine zusätzliche laterale auf beiden Seiten, wie auf Abb. 5, EEG-Nr. 52, H-K., C., zu sehen ist.

Zum Vergleich ist ein Ausschnitt des Analyse-EEG, Abb. 4, Nr. 52, der gleichen Probandin hinzugefügt, das zeigt, wie gering bei üblicher visueller Analyse die Möglichkeiten sind, so spezielle und doch charakteristische topographische Strukturen zu erfassen. Insbesondere kommen die in der Korrelationskarte eindeutigen Phasenumkehrzonen im konventionellen EEG nicht zur Darstellung. Ganz augenscheinlich ist dieser Unterschied beim Vergleich des Kanals 5 beider Bilder.

Legende zu Abb. 4: EEG-Nr. 52, H.-K., C., 30 J.: Gesunde erwachsene Frau.

Über allen Ableitungen regelmäßiger, symmetrisch gleich gut ausgebildeter Alpha-Grundrhythmus.

Legende zu Abb. 5: Ausschnitt des Analyse-EEG Nr. 52 der gleichen Probandin.

Symmetrisch gegliederte Korrelationsstruktur mit einer mittleren Wellendauer von 105 msec und einer Frequenz von ungefähr 10/sec. Der hohe Korrelationsgrad von anfangs + 0,6 fällt beidseits nur mäßig ab. Rechtsseitig finden sich zwei Korrelationsmaxima zwischen Kanal 2 und 3, sowie bei Kanal 4. Auf der linken Seite kommen die Maxima bei Kanal 6 und zwischen den Kanälen 7 und 8 zur Darstellung. Die Korrelationen paramedian sind allgemein etwas niedriger als weiter lateral. Das Korrelationsminimum liegt in der Nähe von Kanal 5. Es findet sich eine örtlich symmetrische Lage der Gipfel bei geringer zeitlicher Verschiebung. Die mittlere Phasenumkehrzone liegt bei Kanal 5, die zeitlichen kommen rechts zwischen Ableitung 3 und 4, links zwischen 6 und 7 symmetrisch zur Darstellung.

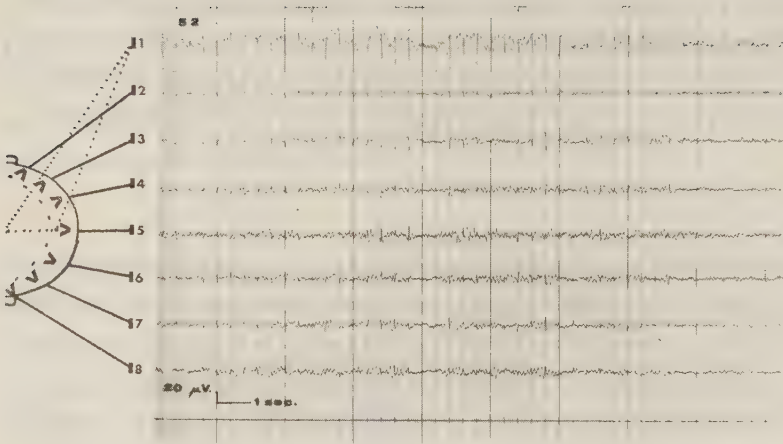


Abb. 4: Versuchs-EEG Nr. 52, H.-K., C., 30 J.

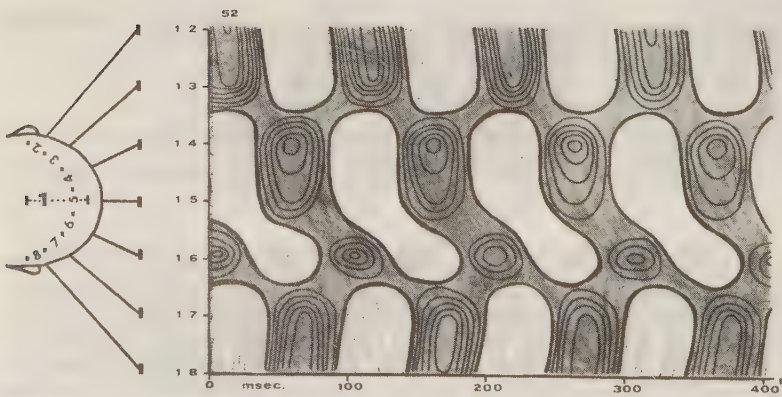


Abb. 5: Topographische Darstellung, EEG-Nr. 52, H.-K., C., 30 J.

Ein nahezu gleiches Bild der räumlich-zeitlichen Alpha-Darstellung findet sich bei der Auswertung des EEG einer 53 jährigen himorganisch gesunden Frau, deren Analyse-EEG einen hohen Alpharhythmus mit guter räumlicher Gliederung aufweist. Es fällt wiederum die stark symmetrische Gliederung in der dreidimensionalen Darstellung, Abb. 6, EEG-Nr. 26, M., A. im Hinblick auf das Phasenverhalten und die Lage der 4 Korrelationsmaxima auf.



Abb. 6: Topographische Darstellung, EEG-Nr. 26, M.A., 53 J., Normalprobandin

Es finden sich die gleichen Verhältnisse wie bei Abb. 4. Nur verlaufen hier die schrägen, mittleren Strukturen von links nach rechts, im Gegensatz zu Abb. 4.

Auf Deutungsmöglichkeiten derartiger "Obliquitäten" wird weiter unten eingegangen.

3.3.3 III. Typ

Eine dritte Variante beim Gesunden zeigt überwiegend schräg verlaufende, aber regelmäßige Strukturen ("Obliquitäten"), die eine genauere Lokalisation der Phasenumkehrzonen erschweren. Am ehesten ist bei ihnen der mittlere Phasenwechsel festzustellen, während die Übergänge in den lateralen Regionen fließend sind. Auch bei diesen Bildern finden sich angedeutete Korrelationsmaxima über unterschiedlichen Regionen; die Übergänge lassen jedoch oft die scharfe Abtrennung voneinander vermissen, wie z.B.

Abb. 7 zeigt. Die paramedianen Maxima treten nicht wie bei dem zweiten Typ nahezu zur gleichen Zeit mit den lateralen auf, sondern folgen später, so daß die Bildstruktur vollkommen durch die in zentrifugaler Richtung laufenden "Obliquitäten" beherrscht wird.

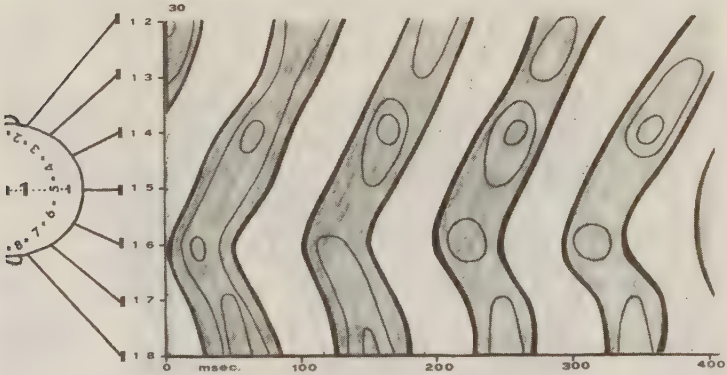


Abb. 7: Topographische Darstellung, EEG-Nr. 30, S.-J.S., 31 J., gesunde Frau

Durch die nahezu parallel laufenden, zentrifugalen Obliquitäten übersichtlich gegliedertes Bild mit zentrifugaler virtueller Ausbreitung, die links Kanal 6 ihren Ursprung hat. Eindeutige topographische Zonen mit $r = 0$ (Phasenumkehr) können nicht festgelegt werden. Der Korrelationsgrad ist allgemein niedrig, aber fast seitengleich und über die Analysezeit stabil, d.h. er fällt nur geringfügig in Richtung der Zeitachse ab.

Auf der Abb. 9 finden wir wieder das Obliquitätsphänomen, bedingt durch eine geringfügige zeitliche Verschiebung der paramedianen Korrelationsmaxima gegenüber den lateralen. Außer der deutlichen, medianen Phasenumkehrzone nahe des Kanals 5, trennt eine zusätzliche, laterale Umkehrzone zwischen Kanal 3 und 4 die rechtshemisphärischen Korrelationsmaxima, die bei Kanal 2 und 4 in regelmäßiger Folge zur Abbildung kommen.

Hinsichtlich der Korrelationssymmetrie ist dieses Bild insofern bemerkenswert, als rechts eine hohe, gleichmäßige Korrelation besteht. Linkshemisphärisch, vor allem über den Kanälen 7 und 8, ist der Grad niedriger und fällt gegen 0,1 schneller ab als rechts.

Dies kann mit einer größeren Unregelmäßigkeit und Instabilität des linksseitigen Alpharhythmus gegenüber dem rechtsseitigen erklärt werden. Zum Vergleich ist ein Ausschnitt des Aufnahme-EEG (Abb. 8) beigelegt, auf dem nur minimale Differenzen zwischen dem beidseits unregelmäßigen, frequenten Alpharhythmus zu objektivieren sind. Eine systematische Phasenverschiebung, wie sie in der Korrelationskarte sichtbar wird, ist bei dem flachen unregelmäßigen und relativ raschen Alpharhythmus der Versuchsperson nicht zu erkennen.

3.3.4 Kurze Zusammenfassung der Befunde bei Normalpersonen

Zusammenfassend ist festzustellen, daß wir in der Gruppe gesunder, klinisch beschwerdefreier Versuchspersonen, folgende drei Bildertypen unterscheiden können:

- A) Bilder mit einem Korrelationsmaximum über jeder Hemisphäre, getrennt durch eine Phasenumkehrzone in der Mitte der Elektrodenreihe, entsprechend dem Interhemisphärenspalt. Diese Konfiguration fand sich am häufigsten.
- B) Einen Typ, welcher sich durch seine vier Korrelationsmaxima und seine zwei zusätzlichen lateralen Phasenumkehrzonen deutlich von der erstgenannten Gruppe abhebt.
- C) Bilder mit "Obliquitäten".

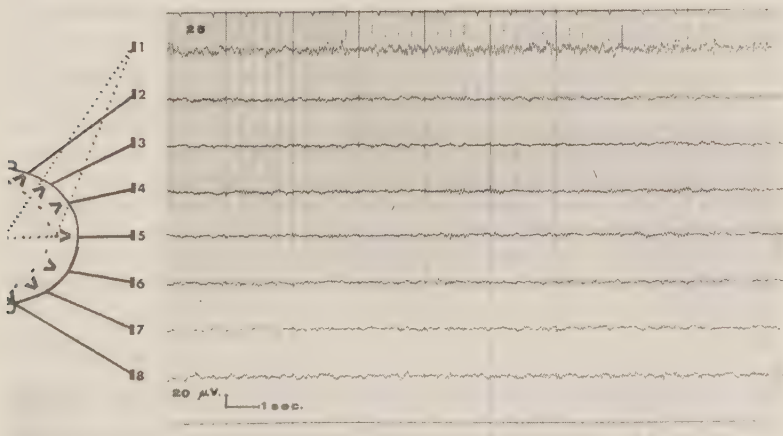


Abb. 8: Versuchs-EEG Nr. 25, B.A., 25 J., gesunde Erwachsene

Ausschnitt des Analyse-EEG Nr. 25 der gleichen Probandin. Etwas unregelmäßiges Alpha-EEG von 11/sec.



Abb. 9: Topographische Darstellung, EEG-Nr. 25, B.A., 25 J.

Übersichtliches, durch nahezu parallelaufende, zentrifugale Obliquitäten gegliedertes Bild. Hinsichtlich der Symmetrie zur mittleren Phasenumkehrzone bei Kanal 5, hebt sich eine durch zweifache Korrelationsmaxima stärker gegliederte rechte Seite von der linken ab. Zusätzlich ist eine einseitige Phasenumkehr rechts anzunehmen. Der insgesamt niedrige Korrelationsgrad ist links noch geringer und strebt schneller gegen 0,1 zu.

3.4 Beschreibung der Befunde bei psychisch Kranken

3.4.1 Patientengut und Fragestellung

Bei unseren topographischen Untersuchungen von Patienten, schien es uns interessant herauszufinden, inwieweit im Fall eines vorwiegend unauffälligen, konventionellen EEG eines psychisch Kranken bei der dreidimensionalen Darstellung der EEG-Veränderungen gegenüber den drei "gewohnten Typen" auftreten und somit eine deskriptive Aussage über das Routine-EEG hinaus möglich ist.

Bei den fünf von uns unter den oben genannten Bedingungen untersuchten Kranken handelt es sich um:

- 2 Schizophrenien,
- 1 körperlich begründbare Psychose,
- 1 Psychasthenie und Verdacht auf psychopathische Entwicklung bei fraglichem frühkindlichen Hirnschaden,
- 1 hypochondrische Fehlentwicklung.

3.4.2 Befunddarstellung

1. Fall: Waldemar, M., 27 J.

Diagnose: Paranoid-halluzinatorische Schizophrenie.

Anamnese:

Die Familienanamnese und Eigenanamnese waren unauffällig. Die Vorgeschichte wurde nach Angaben des Vaters erhoben. Demzufolge hatte der Patient nach seinem Geologieabschlußexamen eine Reise nach Wien unternommen, von wo er plötzlich abgereist sei. Von München habe er ihn angerufen und unzusammenhängende, seltsame Dinge gesprochen. Nach seiner Ankunft daheim sei er zunächst unauffällig gewesen, doch schon bald habe sich seiner eine starke Unruhe bemächtigt. Er sei ziellos im Haus umhergelaufen, voller Angst gewesen und habe wunderliche Dinge erzählt, die er zu sehen geglaubt habe. So habe er von Gespenstern gesprochen, sei vor ihnen unter die Bettdecke geflüchtet und habe dort angstvoll gerufen, diese seien auch unter der Decke.

Befund:

Zum Zeitpunkt der stationären Aufnahme war Herr M. unfähig einen Gedankengang zu Ende zu bringen. Er zeigte formale Denkstörungen verbunden mit einer ausgeprägten Ideenflucht. Gleichzeitig wirkte der Patient äußerst ängstlich, am Aufnahmetag fast kataton. Das abgeleitete EEG sowie die Laborbefunde waren unauffällig.

Verlauf:

Aufgrund der erhobenen Befunde nahm man eine paranoid-halluzinatorische Schizophrenie an. Medikamentös wurde Herr M. mit Haloperidol und Neurocil behandelt. Zudem führte man anfänglich eine EKB-Behandlung, nach deren Abschluß eine Insulinkur durch. Unter dieser Therapie besserte sich der Zustand des Patienten, so daß er nach sechs Wochen in ambulante Behandlung entlassen werden konnte.

Routine-EEG:

Ausreichend ausgeprägte, teils spindelige, teils unregelmäßige Alphaaktivität um 10-12 c/s und 60 μ V, links flacher als rechts.

EEG im Bereich der Norm.

Versuchs-EEG:

Leicht unregelmäßiges Alpha-EEG.

(Die Ableitung erfolgte einen Tag vor Ausbruch der akuten Symptomatik und dem Beginn der EKB-Behandlung. Am Tag der Ableitung wurden dem Patienten 3 x 30 Tropfen Haloperidol sowie 1 Amp. Akineton verabreicht.)

Legende zu Abb. 10, EEG-Nr. 41, Waldemar, M., 27 J.

In der Gesamtübersicht zeigt sich ein durch seine nahezu parallel verlaufenden Isokorrelationslinien regelmäßiges Bild guter zeitlicher Gliederung. Die Wellendauer beträgt 98 msec, die Durchschnittsfrequenz 10 c/s, die Stabilität ist über den gemessenen Zeitraum groß. Hinsichtlich der Frequenzsymmetrie ergeben sich keine Seitendifferenzen. Der Korrelationsgrad ist hoch, zeigt jedoch Seitenunterschiede. Rechts fällt er von anfangs +0,5 auf +0,2 ab, links findet sich zu Beginn ein Korrelationsgrad von +0,3, der auf +0,2 abfällt. Während das zeitliche Auftreten der Korrelationsmaxima seitengleich ist, zeigt sich eine Seitendifferenz ihrer Lokalisation. Rechts kommen sie zwischen Kanal 2 und 3, in der Mitte zwischen Kanal 4 und 5, links bei Kanal 8 zu liegen. Die nach rechts verlagerte Phasenumkehrzone befindet sich zwischen Kanal 3 und 4.

Beurteilung:

Diese karteographische Darstellung weicht in zwei Punkten wesentlich von unseren "gewohnten" Typen ab. Erstens findet sich eine Lateralisierung der Phasenumkehrzone nach rechts, zweitens tritt ein zusätzliches, drittes Korrelationsmaximum links auf.

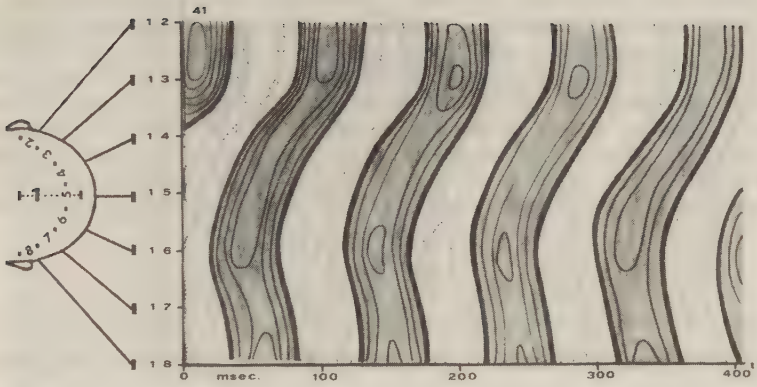


Abb. 10: Topographische Darstellung, EEG-Nr. 41, Waldemar, M., 27 J.

2. Fall: Reinhard, M., 25 J.

Diagnose: Paranoid-halluzinatorische Psychose aus dem schizophrenen Formenkreis.

Anamnese:

Familien- und Eigenanamnese unauffällig. Zur Vorgeschichte berichtete der Vater, daß er den Sohn wegen sonderbaren Verhaltens in die Klinik gebracht habe. Sein sonst immer schweigsamer, ruhiger und ausgeglichener Sohn habe plötzlich begonnen viel zu erzählen und stundenlang vor sich hinzureden. Er sei ziellos in der Wohnung umhergelaufen, habe plötzlich ohne Anlaß das Haus verlassen, sei bald zurückgekehrt und habe erneut pausenlos Unverständliches geredet. Nachts sei er im Haus herumgegeistert und habe um Hilfe gerufen. Wörtlich habe er geschrien: "Helft mir doch, ich bin ein Genie, nein, ich bin kein Genie." Zwischenzeitlich sei er wiederholt völlig abwesend gewesen und habe ruhig, in die Gegend starrend, nur die Lippen bewegend, dagesessen.

Befund:

Bei der stationären Aufnahme zeigte der Patient deutliche formale Denkstörungen, eine Inkohärenz und Ideenflucht. Eine Unterhaltung oder Kontaktaufnahme waren kaum möglich. Der Patient wechselte von einer Sache auf die andere über und gab inadäquate Antworten. Dabei fühlte er sich bedroht, hatte Angst man wolle ihn umbringen und klagte über Insuffizienz in seinem Beruf als Betriebswirt.

Verlauf:

Unter der Therapie mit Haloperidol besserte sich das Zustandsbild langsam. Nach sechs Wochen konnte der Patient entlassen werden.

Routine-EEG:

Spärlich ausgeprägte, nach Lidschluß etwas aktivierte Grundtätigkeit um 10-11 c/s und 30 μ V. In der HV vereinzelte Unregelmäßigkeiten.

Etwas unregelmäßiges EEG im Bereich der Norm.

Versuchs-EEG:

EEG mit mäßig ausgeprägter Grundtätigkeit, sonst unauffällig.

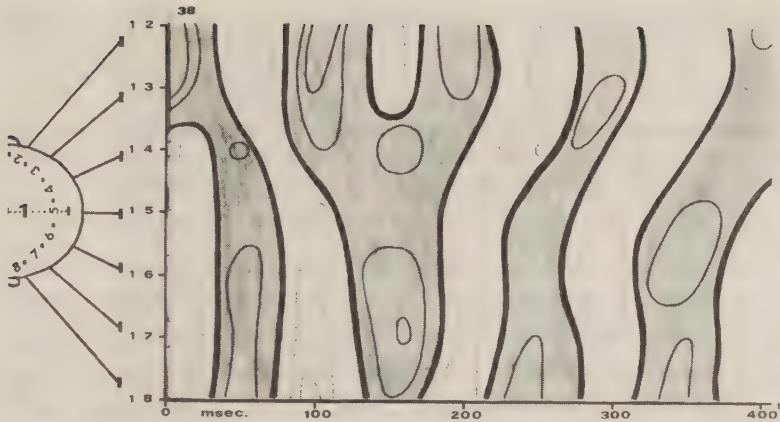


Abb. 11: Topographische Darstellung, EEG-Nr. 38, Reinhard, M., 25 J.

Global recht unregelmäßiges Bild mit wenig beständiger zeitlicher Gliederung. Man erkennt eine um 100 msec schwankende Wellendauer und eine bei 10 c/s liegende Durchschnittsfrequenz. Die Frequenzsymmetrie ist gewahrt. Der beidseits niedrige Korrelationsgrad beträgt $+0,2$ und fällt seitengleich auf $+0,1$ ab. Die Korrelationsmaxima treten beidseits gleichzeitig auf, doch fehlt die Symmetrie hinsichtlich ihrer Lokalisation. Rechts finden sich zwischen Kanal 2 und 3 eine deutliche und bei Kanal 4 eine angedeutete Zone von Korrelationsmaxima. Links ist die Zone bei Kanal 7 angedeutet. Die weit nach rechts verlagerte Phasenumkehrzone ist zwischen Kanal 3 und 4 zu erkennen.

Beurteilung:

Aufgrund seines recht niedrigen Korrelationsgrades weniger gleichmäßig gegliedertes Bild, welches eine gewisse Grundstruktur erkennen läßt aber vom "bekannten Typ" abweicht. Ungewohnt ist die starke Lateralisation der Phasenumkehr zur rechten Seite, sowie der fragliche (niedrige Korrelation) Befund eines zusätzlichen, paramedianen Korrelationsmaximum rechts.

3. Fall: Maria, H., 69 J.

Diagnose: Psychose bei Hirnarteriosklerose.

Anamnese:

Die Eigen- und Familienanamnese der Patientin sind unauffällig.

Zur Vorgeschichte ist zu berichten, daß die Patientin seit Wochen unter Magenbeschwerden, unruhigem Schlaf, Verwirrheitszuständen während der Nacht und in den Morgenstunden leidet. Zunehmende Unruhe führt zur Aufnahme der Patientin.

Befund:

Neurologisch findet sich eine diffuse Druck- und Klopfschmerzhaftigkeit der Kalotte.

Die grobe Kraftentfaltung der oberen und unteren Extremitäten ist seitengleich vermindert. Beim Romberg'schen Stehversuch fällt ein ungerichtetes Schwanken auf, der Gang ist kleinschrittig - trippelnd, das Gehen auf den Zehen und Hacken unmöglich.

Psychisch weist die bewußtseinsklare und ausreichend orientierte Patientin eine deutliche, allgemeine Verlangsamung auf. Weinerlich - klagsam trägt sie fortwährend die gleichen Beschwerden vor. Im Gespräch ermüdet sie schnell und zeigt starke Merkfähigkeitsstörungen.

Auffallend ist eine erhebliche Arteriosklerose der Augenhintergrundgefäße. EEG altersentsprechend unregelmäßig und frequenzlabil.

Verlauf:

Nach allgemein roborierenden Maßnahmen, einer Digitalistherapie sowie anfänglichen Gaben von Melleril bessert sich der Zustand der Patientin zunehmend, so daß sie nach vier Wochen entlassen werden kann.

Routine-EEG:

Bioccipital gut ausgeprägte, unregelmäßige, frequenzlabile Grundtätigkeit von 9-14 c/s und einer Amplitude bis 50 μ V. Ausreichender Blockadeeffekt beim Augenöffnen. Während der HV keine wesentliche Befundänderung. Unipolar keine Seitendifferenzen. Unregelmäßiges EEG im Normbereich.

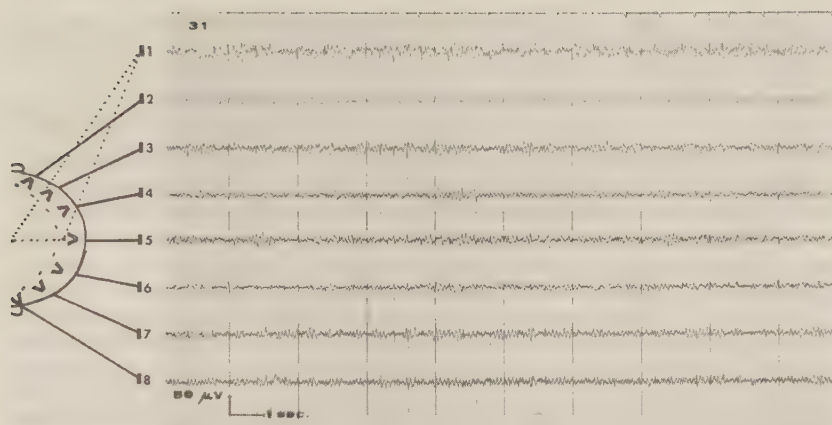


Abb. 12: Versuchs-EEG Nr. 31, Maria, H., 69 J.

Alpha-Beta-Misch-EEG mit Frequenzlabilität ohne Seitenbetonung.
Normvariante mit reichlich raschen Aktivitäten.

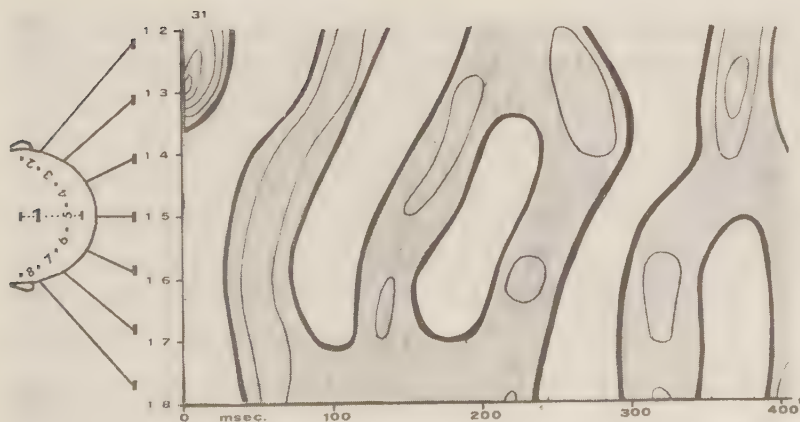


Abb. 13: Topographische Darstellung, EEG-Nr. 31, Maria, H., 69 J.

Legende zu Abb. 13, EEG-Nr. 31, Maria, H., 69 J.

Hinsichtlich der örtlichen und zeitlichen Verteilung der Isokorrelationslinien finden wir ein sehr ungeordnetes Bild, welches nur durch die 0-Areale eine gewisse Gliederung erfährt. Beurteilen lassen sich die Verhältnisse bis zu 150 msec. Wellendauer und Frequenz sind unkonstant. Beidseits wird eine Frequenzlabilität, insbesondere links, deutlich, soweit der niedrige, schnell abfallende Korrelationsgrad, der rasch in Zufallsbereiche führt, diese Deutung zuläßt. Im Anfangsteil kommt das Korrelationsmaximum rechts bei Kanal 3, links zwischen Kanal 6 und 7 zu liegen, soweit überhaupt beurteilbar. Die nach rechts verlagerte Phasenumkehrzone liegt zwischen Kanal 3 und 4.

Beurteilung:

Ein in allen Parametern, wie Frequenz, örtliches Auftreten von Korrelationsmaxima und Lokalisation der Phasenumkehrzone, asymmetrisches Bild mit einem niedrigen Korrelationsgrad. Ungewohnt ist wieder eine Lateralisation der Phasenumkehrzone nach rechts. Wir erklären den niedrigen, schnell abfallenden Korrelationsgrad mit dem zugrunde liegenden frequenzlabilen Alpha-Beta-Misch-EEG, bei bestehender, altersbedingter Arteriosklerose (Abb. 12). In der karteographischen Abbildung kommt die Unregelmäßigkeit des Alparhythmus eindrucksvoll zur Darstellung, während dem konventionellen Versuchs-EEG lediglich eine gleichmäßig verteilte Mischaktivität zu entnehmen ist. Auch über die Lateralisation der Phasenumkehrzone nach rechts erhalten wir aus der Abb. 12 keinen Hinweis.

4. Fall: Reinhard, M., 23 J.

Diagnose: Verdacht auf psychopathische Entwicklung bei fraglicher frühkindlicher Hirnschädigung.

Anamnese:

Unauffällige Familienanamnese. Geburt des Patienten nach drohendem Abort im 4. Schwangerschaftsmonat. Die Scheidung der Eltern erfolgte in seinem 1. Lebensjahr und hatte die fast ausschließliche Erziehung des Jungen in Heimen zur Folge. Abbruch des Oberschulbesuches wegen Übersiedlung aus der DDR in die BR 1965, wo er wegen Schwererziehbarkeit wiederholt in Heimen war. Eine Berufsausbildung genoß er nicht, sondern half der Mutter gelegentlich im Haushalt. Nach seiner Volljährigkeit erfolgten einige Beschäftigungsversuche im Gaststättengewerbe, wo er aber nie über eine Probezeit von 4 Wochen hinaus verblieb. 1968 Diagnose eines frühkindlichen Hirnschadens in den Städtischen Krankenanstalten Dortmund mit anschließender Behandlung eines vermuteten Anfallsleidens. (Der Grund für die Annahme eines frühkindlichen Hirnschadens war nicht mehr eruierbar.)

Dezember 1972 Aufnahme in der II. Med. Klinik Mainz wegen einer unklaren Bewußtlosigkeit. Nach unauffälliger elektroencephalographischer Untersuchung in der Neurologie (eine Pneumencephalographie wurde nicht durchgeführt), wird der Patient wegen Verdachtes auf eine Schizophrenie in die Neuropsychiatrie verlegt.

Befund:

Die bei der Aufnahme geklagten Beschwerden - Stechen in beiden Thoraxhälften, Gangstörungen - ließen sich organisch nicht begründen.

Verlauf:

Die soziale Eingliederung auf der Station gestaltet sich wegen Kontaktschwäche und aggressiver Tendenzen des Patienten schwierig. Hinweise für eine Schizophrenie sind während der zweimonatigen Beobachtungszeit nicht erkennbar.

Der Patient wird psychotherapeutisch behandelt, da der neurotischen Fehlentwicklung des Patienten vordergründig Krankheitswert beigemessen wird. Dabei kommt es zur Abnahme der psychopathologischen Auffälligkeiten. Wiederholte Versuche in Zusammenarbeit mit dem Arbeitsamt eine Anlernstelle für ihn zu finden, scheitern. Mit dem Voratz eine Stelle als Lunaparkarbeiter in Zürich anzunehmen, wird der Patient mit der Auflage einer Wiedervorstellung entlassen.

Routine-EEG:

Bioccipital gut ausgeprägte, teils spindelige Grundtätigkeit um 9-11 c/s mit einer

Amplitude bis $70 \mu\text{V}$, die bei Augenöffnen gut blockiert und eine gute räumliche Gliederung aufweist. Während der HV findet sich keine wesentliche Änderung des Kurvenbildes, in den Querreihen und unipolaren Ableitungen kein Herdhinweis. Normales Alpha-EEG. Vom Kurvenbild her ergibt sich kein Anhalt für das Vorliegen eines zerebralen Anfallsleidens oder einer organischen Hirnschädigung.

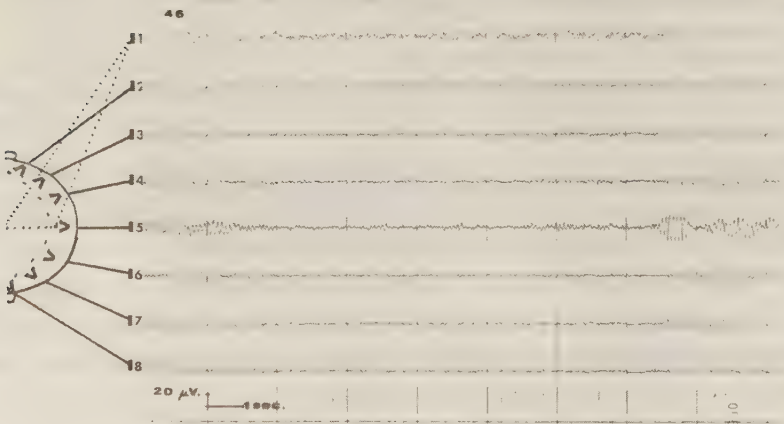


Abb. 14: Versuchs-EEG Nr. 46, Reinhard, M., 23 J.
Normales Alpha-EEG mit spindeligem Grundtätigkeit.



Abb. 15: Topographische Darstellung, EEG-Nr. 46, Reinhard, M., 23 J.

Ein sehr übersichtlich gegliedertes Bild mit einer Wellendauer von durchschnittlich 112 msec und einer Frequenz von 9 c/s. Die Frequenz ist stabil und seitengleich. Die Korrelation ist hoch und fällt nur langsam gegen Ende ab. Rechts liegt der Korrelationsgrad zwischen $\pm 0,4$ und $\pm 0,2$, links zwischen $\pm 0,5$ und $\pm 0,2$. Neben den sich örtlich und zeitlich symmetrisch abbildenden Korrelationsmaxima bei Kanal 3 und 7, kommt ein zusätzliches Maximum bei Kanal 5 mit einer geringeren Korrelationshöhe zur Darstellung.

Beurteilung:

Das dem I. Grundtyp mit einer Phasenumkehrzone in der Mitte ähnelnde Bild unterscheidet sich von diesem lediglich durch ein zusätzliches, mediales Korrelationsmaximum bei Kanal 5 und die leichte Verschiebung der Phasenumkehrzone nach rechts. Inwieweit die Lateralisierung mit dem vermuteten frühkindlichen Hirnschaden in Verbindung zu bringen ist, läßt sich nicht entscheiden. Auch spricht der spindelige, gut ausgeprägte Alpharhythmus (Abb. 14) gegen eine frühkindliche Hirnschädigung, zumindest größeren Ausmaßes.

In der konventionellen Ableitung (Abb. 14) ist eine Umkehr der Phase zwischen Kanal 4 und 5 nicht erkennbar. Der auf Kanal 5 gegenüber den übrigen Kanälen deutlicher ausgeprägte Alpharhythmus imponiert offenbar als zusätzliche Korrelationsmaximumzone in der dreidimensionalen Darstellung bei Kanal 5.

5. Fall: Egon, R., 43 J.

Diagnose: Hypochondrische Entwicklung bei vorgegebener Psychasthenie.

Anamnese:

Tod des Vaters im Alter von 60 Jahren durch einen Hirntumor. Die Anamnese des Patienten ist außer einer Steißbeinfisteloperation im Jahre 1949 unauffällig. Zum Sozialen ist zu berichten, daß sich an den Besuch der Volksschule eine einjährige Handelsschulzeit und Ausbildung als kaufmännischer Angestellter anschließen. Er ist verheiratet und hat drei Kinder.

Nach einem Arbeitsplatzwechsel 1967 treten erstmals Kopfdruck und Schwindelzustände auf. Eine kurze stationäre Behandlung führt zu einer zweijährigen Beschwerdefreiheit. 1969 erneutes Auftreten der alten Beschwerden mit stationärer Aufnahme zum Ausschluß einer intracraniellen Raumforderung. Die diesbezüglichen Untersuchungen ergeben keinen krankhaften Befund; der Patient wird in beschwerdefreiem Zustand entlassen.

Im Sommer und Spätherbst 1972 wird er erneut wegen zunehmendem Kopfdruck, Schwindel, vorzeitiger Ermüdung bei der Arbeit und Konzentrationsschwäche stationär behandelt und ohne Beschwerden entlassen. Bei der letzten Aufnahme 1973 klagt er zusätzlich über unsicheres, breitbeiniges Laufen und diffuse Angstgefühle.

Befund:

Bei der Exploration des voll orientierten Mannes fällt eine depressive Verstimmung mit ratloser Tönung auf. Seine Gedanken kreisen in ängstlicher Weise um seine körperlichen Beschwerden.

Verlauf:

Bei der abermaligen Untersuchung fehlt wieder jeglicher Hinweis auf eine organische Ursache der Beschwerden, insbesondere auf ein zerebrales, tumoröses Geschehen. Die testpsychologischen Untersuchungen sprechen für das Vorliegen einer Psychasthenie mit ausgeprägtem psychogenem Anteil der Beschwerden.

Die sich auf dem Boden seiner psychasthenischen Persönlichkeit entwickelnde Hypochondrie kann im Zusammenhang mit dem relativ frühen Tod des Vaters durch einen Hirntumor gesehen werden. Es fällt auf, daß die Beschwerden des Patienten jenen ähneln, die der Vater vor seinem Tod zeigte.

Anamnestisch ist seine Furcht vor dem gleichen Schicksal gut zu verfolgen.

Routine-EEG:

Mäßig ausgeprägte, ausreichend gegliederte Grundtätigkeit um 12 c/s mit einer Amplitude von 30 μ V und gutem Blockadeeffekt beim Augenöffnen. Keine Änderung des Kur-

venbildes in der HV.

Normales Alpha-EEG ohne Herdhinweise.

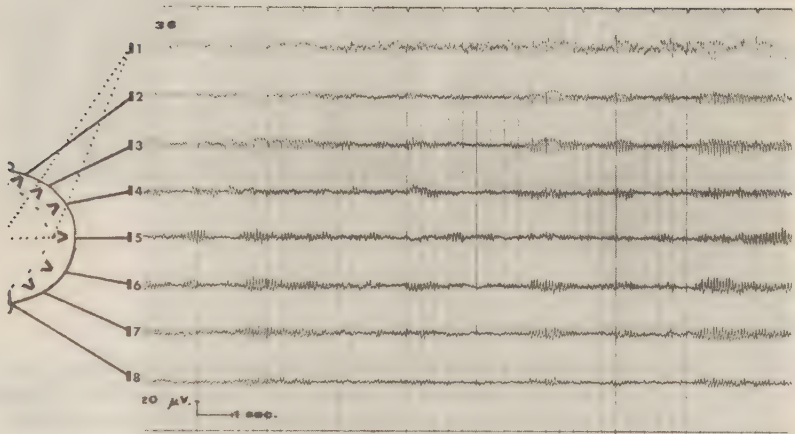


Abb. 16: Versuchs-EEG Nr. 36, Egon, R., 43 J.
Normales Alpha-EEG.

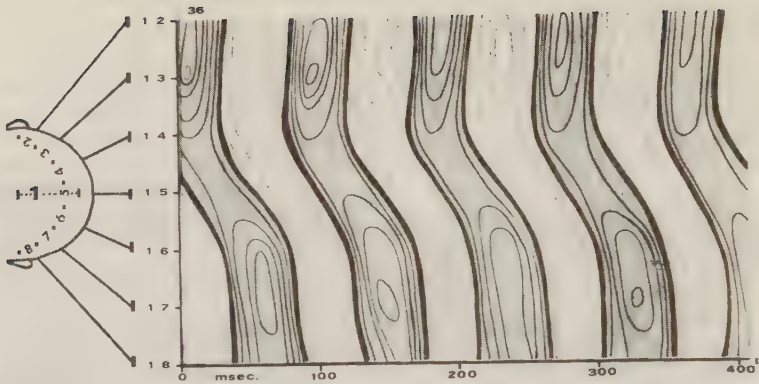


Abb. 17: Topographische Darstellung, EEG-Nr. 36, Egon, R., 43 J.

Regelmäßiges und übersichtliches Bild, welchem eine Wellendauer von etwa 87 msec und eine stabile Frequenz von ungefähr 11,5 c/s zu entnehmen ist. Das örtliche und zeitliche Auftreten der Phänomene ist symmetrisch. Rechts finden sich Korrelationswerte zwischen $\pm 0,6$ und $\pm 0,3$, links zwischen $\pm 0,4$ und $\pm 0,3$. Die gleichzeitig auftretenden Korrelationsmaxima kommen rechts zwischen Kanal 2 und 3, links bei Kanal 7 zur Darstellung. Mittelwärts erfolgt die Umkehr der Phase konstant nahe des Kanals 5.

Beurteilung:

In allen Parametern auffallend streng symmetrisch gegliedertes Bild mit einem hohen Korrelationsgrad und einer gleichmäßigen Phasenumkehrzone in der Mitte. Das Bild entspricht dem "gewohnten" Typ I mit medialer Phasenumkehrzone und zwei lateralen Korrelationsmaxima.

Der im konventionellen EEG der Abb. 16 etwas weniger regelmäßige Alpharhythmus auf den Kanälen 4, 5 und 8 schlägt sich vermutlich auf dem Schaubild bei den entsprechenden Ziffern in einem geringeren Korrelationsgrad nieder. Dabei ist anzumerken, daß die auf den genannten Kanälen geringere Amplitudenhöhe sich auf den Korrelationsgrad nicht auswirkt, da r von der Amplitudenhöhe unabhängig ist.

Die Phasenumkehr auf der Karte ist der Abb. 16 nicht zu entnehmen.

3.4.3 Kurze Zusammenfassung der Befunde bei psychisch Kranken

Bei der Gruppe psychisch Kranker ist festzustellen, daß bei unauffälligem, konventionellem EEG in der topographischen Darstellung bei 4 der 5 Patienten gewisse Abweichungen im Vergleich zu den Normalpersonen zu beobachten sind.

"Ungewohnt" sind:

- A) Die Verschiebung der Phasenumkehrzone nach lateral;
- B) Das Auftreten eines zusätzlichen, medianen Korrelationsmaximum (mit Ausnahme der Abb. 13).

Allein im Fall der Hypochondrie (Abb. 17) stoßen wir auf vom "Normaltyp I" her bekannte Strukturen.

3.5 Topographische Untersuchungen bei neurologischen Erkrankungen ohne eindeutigen Seitenhinweis

3.5.1 Fragestellung und Patientengut

EEG-Veränderungen allgemeiner und spezifischer Natur bei unterschiedlichen hirnganischen Erkrankungen sind hinreichend bekannt und stellen in der klinischen Diagnostik eine wertvolle Hilfe dar. Die nachfolgende topographische Untersuchung neurologisch Kranker umfaßt eine inhomogene Patientengruppe. Im Sinne unserer allgemein orientierenden Fragestellung wird auch hier weniger eine differential-diagnostische Unterscheidung als vielmehr ein erstes Inventar der zu beobachtenden topographischen Phänomene angestrebt.

Dabei interessierte uns:

- a) ob sich Abweichungen von den "gewohnten" Strukturen der Normalpersonen ergeben,
- b) ob und in welcher Weise pathologische Veränderungen des EEG, die bereits visuell erkennbar sind, in der topographischen Darstellung Niederschlag finden,
- c) ob die räumlich-zeitliche Karte eine neue oder zusätzliche Information erbringt, wenn das konventionelle EEG unauffällig ist.

Bei den unter den geschilderten Versuchsbedingungen untersuchten fünf Kranken handelt es sich um:

- 1 Kranker mit beidseitigem Zentralskotom unklarer Genese. Biermer'sche Anämie ohne Objektivierbarkeit einer funikulären Spinalerkrankung.
- 1 Kombiniertes Anfallsleiden.
- 1 Zerebrales Anfallsleiden bei Verdacht auf frühkindliche Hirnschädigung.
- 1 Encephalomyelitis disseminata.
- 1 Chronisch rezidivierende Meningoencephalitis.

3.5.2 Darstellung des Patientengutes

1. Fall: Erwin, G., 56 J.

Diagnose: Beidseitiges Zentralskotom unklarer Genese. Biermer'sche Anämie ohne Objektivierbarkeit einer funikulären Spinalerkrankung.

Anamnese:

Unauffällige Familien- und Eigenanamnese.

Seit zwei Jahren Pelzigkeitsgefühl und Ameisenlaufen in Fingern und Zehen. Nachlassen des Sehvermögens, insbesondere des Farbsehens seit einem Jahr. Zwecks Ausschluß einer Encephalomyelitis disseminata kommt er zur Aufnahme.

Befund:

Beidseitige temporale Abblassung der Papillen, Fehlen der ASR, leichte Unsicherheit bei der Prüfung des Gelenklagesinns. Geringe Eiweißhöhung in Liquor. Hämatologisch läßt sich eine Biermer'sche Anämie bei pathologischem B_{12} -Resorptionstest feststellen.

Routine-EEG:

Spärlich ausgeprägte, unregelmäßige und labile Grundtätigkeit um 10 c/s, von raschen Komponenten und Thetawellen überlagert. Während der HV keine wesentliche Befundänderung.

Versuchs-EEG:

Alpha-Normvariante mit leichten Unregelmäßigkeiten und spärlich eingestreuter Theta-Aktivität.

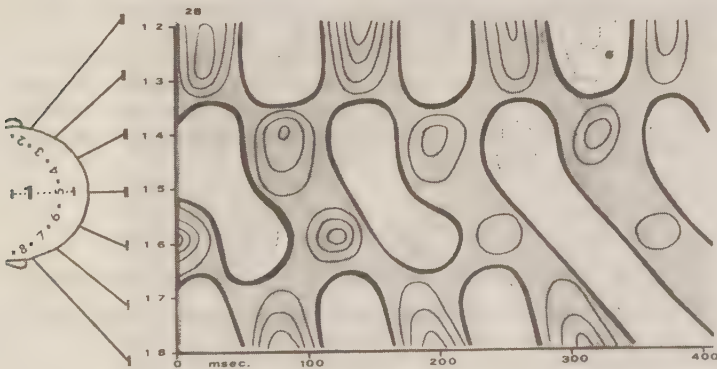


Abb. 18: Topographische Darstellung, EEG-Nr. 28, Erwin, G., 56 J.

Das lebhaft, aber übersichtlich gegliederte Bild läßt eine Wellendauer von 115 msec und eine Frequenz von 8,6 c/s erkennen. Über beiden Hemisphären ist die Frequenz stabil. Der Korrelationsgrad ist mittelhoch, bewegt

(Forts. Abb. 18)

sich rechts zwischen $+0,3$ und $+0,2$, links zwischen $+0,4$ und $+0,2$, wobei paramedian links anfangs ein um $+0,1$ höherer Korrelationsgrad auftritt. Neben den zwei lateralen Korrelationsmaxima bei Kanal 2 und 8, finden sich zwei zusätzliche paramediane bei Kanal 4 und 6. Im Gegensatz zum gleichzeitigen Auftreten der lateralen Strukturen haben sich die mittleren zeitlich gegeneinander verschoben. Drei Phasenumkehrzonen trennen die Maxima voneinander.

Beurteilung:

Nahezu regelmäßiges, durch seine 4 Korrelationsmaxima und drei Phasenumkehrzonen stark gegliedertes Bild, welches dem "gewohnten" Typ II entspricht, sich aber durch geringere Korrelationshöhe mit stärkerer Abfalltendenz vom Normaltyp unterscheidet. Dieses Phänomen läßt sich auf die geringen Unregelmäßigkeiten (überlagernde Theta-Aktivität) im Versuchs-EEG zurückführen.

2. Fall: Ferdinand, H., 46 J.

Diagnose: Kombiniertes Anfallsleiden mit psychomotorischen und gelegentlich großen, generalisierten Anfällen.

Anamnese:

Seit 1970 bekanntes Anfallsleiden unbekannter Genese. Erster Anfall im Alter von 8 Jahren.

Der Patient klagt über häufig auftretende Schwindelanfälle, verbunden mit Wort- und Bewegungstereotypen, sowie Schreien, Lachen, Singen und Grimassieren. Zuweilen sind Zungenbiß, Urinabgang und Schaum vor dem Mund beobachtet worden. Nach Angaben der Angehörigen dauerten diese Zustände bis zu einer halben Stunde. Dem Patienten sind hinterher diese Ereignisse nicht mehr erinnerlich.

Befund:

Neurologisch fallen ein allseitiger Endstellnystagmus, feinschlägiger Fingertremor sowie mäßige vegetative Übererregbarkeit auf. Psychopathologisch imponieren Affektlabilität bei Antriebsarmut.

Routine-EEG:

Reichlich ausgeprägte, frequenz- und amplitudenlabile Grundtätigkeit um 8-10 c/s und maximal 70 μ V bioccipital, die streckenweise über den rechten occipitalen Abschnitten

besser zur Darstellung kommt. In der HV zunehmende Unregelmäßigkeit der Grundaktivität durch Einlagerung polymorph geformter Theta- und vereinzelter Deltapotentiale über den fronto-temporalen Abschnitten.

Bereits abnormes EEG mit vermehrten langsamen Wellen über den vorderen und seitlichen Abschnitten beidseits. Kein Herdhinweis, keine Anfallsmuster.

Versuchs-EEG:

Normales Alpha-EEG.

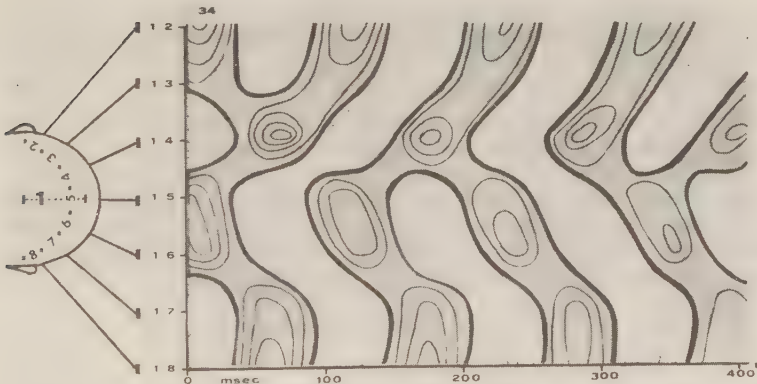


Abb. 19: Topographische Darstellung, EEG-Nr. 34, Ferdinand, H., 46 J.

Auf dem Bild stellt sich ein stabiler, mittlerer Alparhythmus von 9 c/s bei einer Wellendauer von 112 msec ohne Seitenbetonung dar. Der rechts größere Korrelationsgrad beträgt anfangs $\pm 0,4$, gegen Ende $\pm 0,2$. Links hat er den Wert $\pm 0,3$ und fällt rascher auf $\pm 0,1$ ab. Die rechtsseitigen Korrelationsmaxima bei Kanal 1 und 4 treten simultan mit den linken auf, die zwischen Kanal 5/6 und bei Kanal 8 liegen. Die vier Gipfel sind durch drei Phasenumkehrzonen zwischen den Kanälen 3/4, 4/5 und 6/7 getrennt. Die mittlere besitzt eine geringfügige Lateralisationstendenz nach rechts.

Beurteilung:

Ein durch seine vier Korrelationsmaxima und drei Phasenumkehrzonen dem II. Grundtyp (Abb. 4 und 6) zuzuordnendes Bild, welches den rechts deutlicheren Alparhythmus

im Routine-EEG in Form eines höheren und weniger stark abfallenden Korrelationsgrades nachweist. Es fällt eine Bildasymmetrie durch Verlagerung der mittleren Phasenumkehrzone und des linksseitigen paramedianen Korrelationsmaximum nach rechts auf.

Ob der niedrige, schneller abfallende Korrelationsgrad über der linken Hemisphäre und die Verlagerung der Phasenumkehr auf eine vorwiegend linkshemisphärische Funktionsstörung bezogen werden kann, ist fraglich, da Asymmetrien dieses Ausmaßes noch im Normbereich liegen dürften.

3. Fall: Bernhard, E., 35 J.

Diagnose: Zerebrales Anfallsleiden bei Verdacht auf frühkindliche Hirnschädigung.

Anamnese:

Ein Anfallsleiden in der Familie ist nicht bekannt. Bei ihm selbst sind die Anfälle erstmals im siebten Lebensjahr, meist in vierwöchigem Abstand aufgetreten. Seit dem siebenzehnten Lebensjahr Abnahme der Anfallstätigkeit. Jetzt ausschließliches Auftreten nach Alkoholgenuß. Dabei kommt es regelmäßig zum Bewußtseinsverlust für einige Minuten. Eine Aura in Form eines vom Magen aufsteigenden "seltsamen Gefühles" wird beschrieben. Tageszeitliche Beziehung zum Auftreten der Anfälle läßt sich nicht erkennen. Zwecks Neueinstellung wird der Patient stationär aufgenommen.

Befund:

Neurologisch finden sich keine Ausfälle. Psychisch stehen ein klebriges, distanzloses Verhalten gegenüber der Umgebung sowie Kritiklosigkeit gegenüber seinem Alkoholabusus im Vordergrund.

Röntgenologisch zeigt sich ein dysplastisch konfigurierter Schädel. Das abgeleitete EEG zeigt einen abnormen Kurvenverlauf mit vereinzelt, rechtsbetonten, steilen Wellen als Hinweis auf eine erhöhte zerebrale Erregbarkeit bei Belastung.

Routine-EEG:

Bioccipital mäßig gut ausgeprägte Grundtätigkeit von 8-9 c/s und eine Amplitude bis zu 30 μ V. Mangelhafter Blockadeffekt bei Augenöffnen. Während der HV treten vereinzelte steile sowie scharfe Wellen bilateral vorwiegend über den vorderen temporalen Regionen mit wechselnder Seitendominanz, jedoch rechtsbetont auf. Nach der HV rascher Rückgang zum Ausgangsbild.

Abnormes EEG mit vereinzelt rechtsbetonten steilen und scharfen Wellen bei Belastung als Zeichen einer erhöhten zerebralen Erregbarkeit.

Versuchs-EEG:

Unregelmäßiges Alpha-EEG mit einigen langsamen Wellen rechts, die zeitweise durchgehend auftreten. Rechts vereinzelt auch flüchtige Theta-Gruppen.

Beurteilung: Grenzbefund.

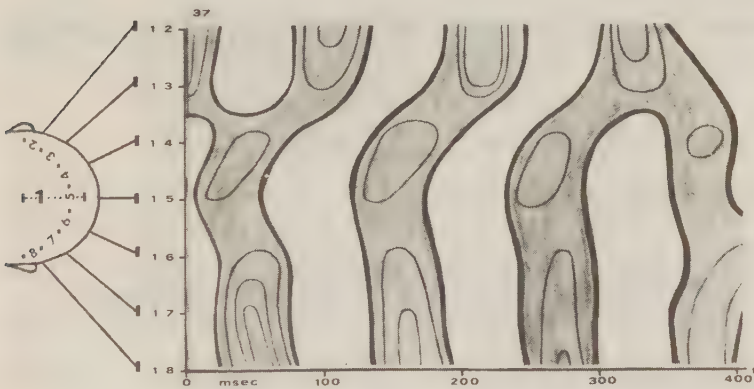


Abb. 20: Topographische Darstellung, EEG-Nr. 37, Bernhard, E., 35 J.

Man erkennt einen gleichzeitig über beiden Hemisphären auftretenden Alparhythmus mit einer Frequenz von 9 c/s und einer Wellendauer von ungefähr 105 msec und guter Stabilität während der Analysezeit. Der allgemein mäßig hohe Korrelationsgrad ($\pm 0,3$ bis $\pm 0,2$) ist rechts zu Beginn etwas niedriger als links und fällt etwas schneller ab. Auffallend ist die seitendifferente Verteilung der Korrelationsmaxima. Rechts sind zwei Zonen ausgebildet, nämlich zwischen Kanal 2/3 und bei Kanal 4, links dagegen nur zwischen Kanal 7 und 8. Die Phasenumkehrzone ist stark nach rechts verlagert und verläuft zwischen Kanal 3 und 4.

Beurteilung:

Hinsichtlich der Frequenz und dem zeitlichen Auftreten der Muster symmetrisches Bild, welches aber unter Berücksichtigung des topographischen Aspektes eine "ungewohnte" Struktur aufweist, die wir bei den Normalpersonen nicht antreffen. Seitenunterschiede

werden bei der Beurteilung des Isokorrelationsverlaufes deutlich. Links finden wir parallel verlaufende, rechts aber schräge "Feldlinien". Am auffälligsten sind die starke räumliche Differenzierung auf der rechten Seite durch ein zusätzliches, paramedianes Korrelationsmaximum und die Lateralisation der Phasenumkehr nach rechts, die der Seitenbetonung von Anomalien im konventionellen EEG entspricht. Unregelmäßigkeiten, wie wir sie im Versuchs-EEG in Form etwas langsamerer Rhythmen mit dezenter Seitenbetonung beobachten, finden auf der Karte ihren Niederschlag in Form des allgemein geringen Korrelationsgrades, der über der rechten Hemisphäre noch niedriger ist und hier schneller auf 0,1 abfällt.

Ungewöhnliche Konfiguration mit für eine rechtsseitige Normabweichung sprechenden Seitendifferenzen.

4. Fall: Raimund, S., 33 J.

Diagnose: Encephalomyelitis disseminata.

Anamnese:

Im 17. Lebensjahr erkrankt der Patient an diesem Leiden. Wegen zunehmender Verschlechterung seines Zustandes und seit einem Jahr fortschreitender Tetraparese erfolgt die Aufnahme.

Befund:

Deutlich spastische Parese der oberen und untere Extremitäten, Kopf-, Lippen- und Intentionstremor, gesteigerte Eigenreflexe, fehlende BHR, positive Pyramidenbahnzeichen, Dysdiadochokinese, skandierende Sprache. Psychopathologisch imponiert ein distanzloseuphorisches Verhalten. Im Hamburg-Wechsler-Intelligenztest erreicht er einen IQ von 66, mit welchem er weit unter der Norm liegt.

Routine-EEG:

Bioccipital mäßig gut ausgeprägte Grundtätigkeit um 9 c/s und Amplituden bis zu 40 μ V. Guter Blockadeffekt beim Augenöffnen. Zu Beginn der HV kurzes Auftreten einer kleinen Gruppe Thetawellen über der hinteren rechten Temporalregion. Unipolar keine Seitendifferenzen.

Unregelmäßiges EEG im Normbereich.

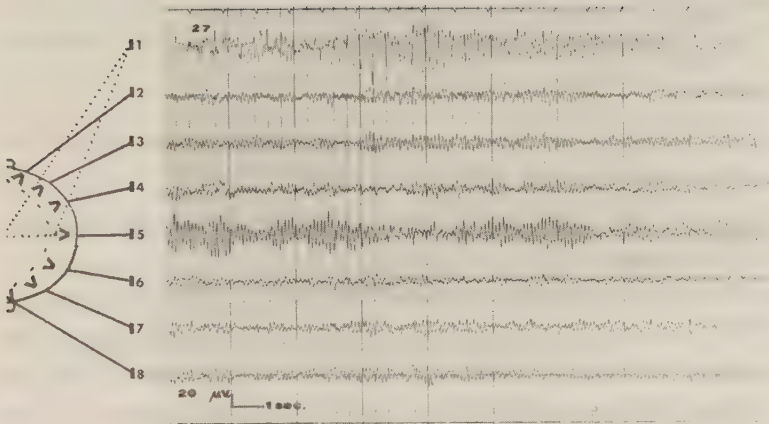


Abb. 21: Versuchs-EEG Nr. 27, Raimund, S., 33 J.

Hoher, spindelig konfigurierter, gut ausgeprägter Alpharhythmus.

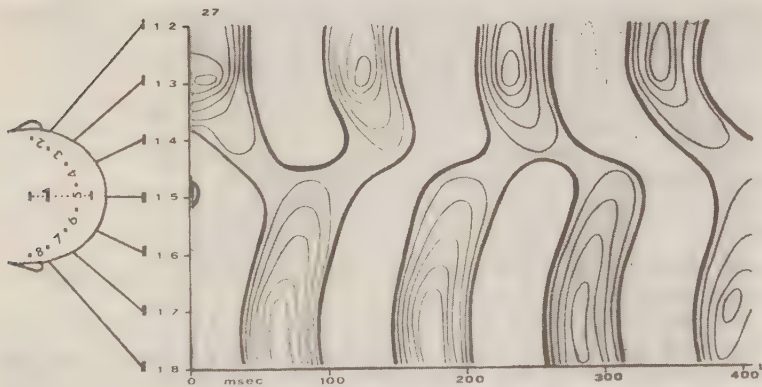


Abb. 22: Topographische Darstellung, EEG-Nr. 27, Raimund, S., 33 J.

Beidseits symmetrisch auftretender Alpharhythmus mit einer Wellendauer von 108 msec und einer Frequenz um 9,2 c/s. Die Stabilität aller Parameter während der Analysezeit ist deutlich ausgeprägt. Über beiden Hemisphären findet sich eine sehr hohe Korrelation zwischen $\pm 0,6$ und $\pm 0,4$ in

(Forts. Abb. 22)

Zeitachsenrichtung. Die Korrelationsmaxima liegen rechts bei Kanal 3 und links zwischen 7 und 8. Bei Kanal 5 Phasenumkehr.

Beurteilung:

In allen Qualitäten symmetrisches Bild, wie wir es bei Bildern von Normalpersonen mit einer räumlichen Alphaverteilung (Abb. 2 und 3) finden.

Beim Vergleich mit dem konventionellen Versuchs-EEG dieses Patienten ist folgendes Phänomen von Interesse:

Es finden sich bei Kanal 5 in der dreidimensionalen Darstellung ein Korrelationsmaximum und die Phasenumkehrzone, wo im Versuchs-EEG ein stärker ausgeprägter Alpharhythmus als über den übrigen Regionen auftritt. Bei Betrachtung von Kanal 1 und 5 der Abb. 21 fällt auf, daß auf einem Kanal hohe, spindelige Rhythmen erscheinen, wo zum entsprechenden Zeitpunkt des anderen Kanals unregelmäßig geformte Graphoelemente zu sehen sind. Dies bringt zum Ausdruck, daß bei offenbar gleicher Frequenz der beidseitige Alpharhythmus nicht miteinander gekoppelt ist, was eindrucksvoll in der niedrigen Korrelation an der entsprechenden Stelle des topographischen Bildes zum Ausdruck kommt. Dies ist bei orthogonal zueinander stehenden Ableiterichtungen kein ungewöhnliches Phänomen, wie bereits POZO-OLANO (POZO-OLANO et al. 1967) feststellen konnte.

5. Fall: Emil, J., 54 J.

Diagnose: Chronisch rezidivierende Meningoencephalitis.

Anamnese:

1941 Commotio cerebri, 1946 und 1952 Hepatitis, 1953 zweimalige Bewußtlosigkeit ohne Krampfzeichen, 1955 Commotio cerebri.

Juni 1971 Erkrankung unter Schüttelfrost, Fieber, Kopfschmerz, Erbrechen und Schwindel. Nach zweiwöchiger Bettruhe Besserung. Im August erneutes Auftreten der Beschwerden. Wegen übermäßigen Schwindels erfolgt im November die Einweisung in eine Neurologische Klinik, wo eine Meningitis unklarer Genese festgestellt wird. Nach der Entlassung im Frühjahr 1972 bestehen weiterhin Kopfschmerzen wechselnder Intensität, häufiger Brechreiz mit zeitweisem Erbrechen, Schwindel und Gangunsicherheit mit Abweichentendenz nach links, die im Sommer des gleichen Jahres zur Aufnahme in der Neuropsychiatrischen Klinik in Mainz führen.

Befund:

Starke Unsicherheit beim Blindgang mit Abweichtendenz nach links beim Romberg'schen Stehversuch. Sonst sind keine neurologischen Ausfälle objektivierbar.

Der Liquor weist eine Pleozytose und einen erhöhten Eiweißgehalt auf. Erregernachweis in Liquor und Blutserum negativ.

Routine-EEG:

Bioccipital mäßig ausgeprägte Grundtätigkeit um 9 c/s und einer Amplitude bis zu 30 μ V. Guter Blockadeffekt beim Augenöffnen. Während der HV keine Befundänderung. Unipolar keine Seitendifferenzen.

Normales Alpha-EEG ohne Herdzeichen und ohne Anfallsmuster.

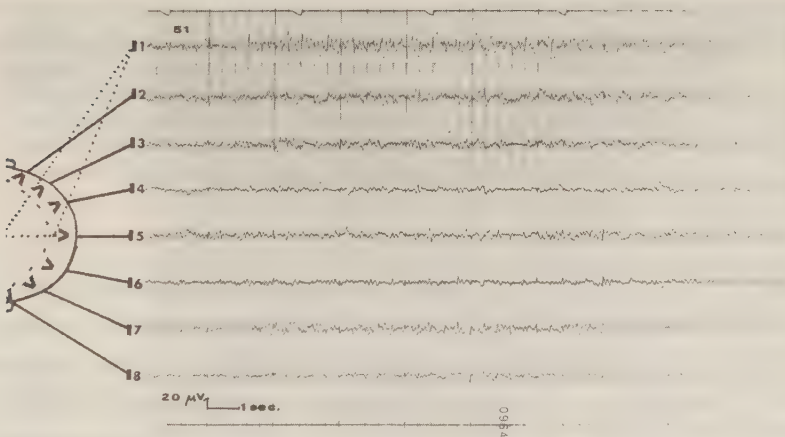


Abb. 23: Versuchs-EEG Nr. 51, Emil, J., 54 J.

Alpha-EEG mit diffuser bilateraler Deltaaktivität, die die Kurve flach überlagert und meist über den lateralen Ableitungen deutlicher ausgeprägt ist.

Leicht bis mäßig abnormes EEG.



Abb. 24: Topographische Darstellung, EEG-Nr. 51, Emil, J., 54 J.

Strukturlabiles Bild mit einer nur bis etwa 250 msec beurteilbaren Wellendauer von etwa 105 msec. Der niedrige Korrelationsgrad zeigt Maximalwerte in der ersten Halbwelle von $+0,2$, um dann sehr rasch abzufallen. Noch einigermaßen zu beurteilen sind die Verhältnisse zu Beginn des Bildes, wo wir rechts Korrelationsmaxima zwischen Kanal 2 und 3 finden. Eine deutliche Zone der Phasenumkehr liegt zwischen Kanal 3 und 4.

Beurteilung:

Hinsichtlich seiner örtlichen Verteilung der Korrelationsmuster im Ganzen als chaotisch zu bezeichnendes Bild, welches nur im ersten Drittel der Analysezeit mit dem von uns bei Normalpersonen gefundenen II. Typ (4 Korrelationsmaxima und drei Phasenumkehrzonen) Gemeinsamkeiten erkennen läßt. Der allgemein geringe Korrelationsgrad fällt schnell auf Werte von $0,1$ ab, unterhalb derer von Korrelation im Sinne eines signifikanten Zusammenhangsmaßes nicht mehr die Rede ist. Die Gesamtstruktur entspricht weitgehend einem von 0 nur zufällig unterschiedenen Korrelationsniveau.

Der Vergleich der Abb. 24 mit dem dazugehörigen nur leicht abnormen Versuchs-EEG (Abb. 23) zeigt, daß auch bei deutlich erkennbarer Alpha-Grundtätigkeit deren räumliche Organisation stark verändert sein kann, so daß sich die gewohnte funktionelle interregionale Koppelung dem korrelationsstatistischen Nachweis weitgehend entzieht.

3.5.3 Kurze Zusammenfassung der Befunde neurologisch Kranker

In dieser Gruppe finden wir in zwei Fällen Abweichungen vom "Normaltyp".

In einem Fall von Epilepsie (Abb. 20) beobachten wir eine Lateralisation der Phasenumkehr nach rechts, sowie ein zusätzliches Auftreten eines dritten Korrelationsmaximum. Bei dem zweiten Patienten (chronisch rezidivierende Meningoencephalitis, Abb. 24) kommen chaotisch anmutende Strukturen zur Darstellung.

Zwei weitere Patienten weisen eine annähernd gleiche topographische Verteilung des Alpha-Rhythmus auf, wie wir sie bei den Grundtypen beschrieben, beinhalten jedoch Unregelmäßigkeiten des zugrunde liegenden EEG in Form eines niedrigen, schneller abfallenden Korrelationsgrades. (Abb. 19, kombiniertes Anfallsleiden und Abb. 18, Biermer'sche Anämie).

Das topographische Bild des M.S.-Patienten (Abb. 22) entspricht dem I. Grundtyp, ist aber insofern auffällig, da die Karte gerade an der Stelle, wo im Versuchs-EEG ein hoher, regelmäßiger Alpharhythmus zu finden ist, eine Phasenumkehrzone mit niedriger Korrelation aufweist. (Abb. 21 und 22).

3.6 Topographische Untersuchungen bei hirnorganisch Kranken mit Seitendifferenzen im Routine- und Versuchs-EEG

3.6.1 Fragestellung

In unserer dritten Patientengruppe werden Kranke mit Hemisphärentumoren untersucht, die bereits im Routine- und Versuchs-EEG bei visueller Analyse eine Seitendifferenz aufweisen sowie ein Fall von linksseitigem Carotisverschluß mit geringfügigen unilateralen EEG-Anomalien.

Diese dem übrigen Patientengut unterschiedliche Voraussetzung wählen wir, um Aufschluß darüber zu erhalten, ob wir eine deutliche Veränderung in der topographischen Struktur der betroffenen Seite zu erwarten haben, welcher Art sie gegebenenfalls ist und ob sie sich mit sporadischen topographischen Untersuchungen, die bislang bei Hirntumoren durchgeführt wurden, deckt.

Zum letzten Punkt geben die Untersuchungsergebnisse einer Gruppe von Hirntumoren durch CALISKAN (CALISKAN et al. 1970) Anlaß, der eine Beziehung zwischen Hirntumor und Phasenumkehrzone mittels "Alpha-averaging" aufzeigt. Er beschreibt eine Abweichung der Phasenumkehrzone zur betroffenen Hemisphäre. Über gleiche Beobachtungen berichtete RIEGER (RIEGER 1972).

Unsere Untersuchungen wurden durchgeführt bei:

- Verschluß der Arteria carotis communis links,
- Verdacht auf einen raumfordernden Prozeß der hinteren Schädelgrube,
- Zustand nach Entfernung eines Glioblastoma multiforme,
- Zustand nach Totalexstirpation eines Angioblastoms der linken Kleinhirntonsille,
- temporo-basale Raumforderung links,
- Rezidiv eines Astrozytoms rechts frontal,
- Verdacht auf eine Raumforderung links temporo-occipital,
- Verdacht auf ein Rezidiv eines Ependymoms links.

3.6.2 Darstellung des Patientengutes

1. Fall: Paula, K., 54 J.

Diagnose: Verschluß der Arteria carotis communis links bei Diabetes mellitus.

Anamnese:

Seit 10 Jahren ist ein Diabetes mellitus bei der sonst nie krank gewesenen Patientin bekannt. Zur Aufnahme führt eine Hemiplegie rechts.

Befund:

Abschwächung der Arm- und Beineigenreflexe rechts. Vorzeitige Absinktendenz beim Vorhalteversuch des rechten Armes und Beines. Die linksseitig durchgeführte Carotis-angiographie objektiviert einen Verschluß der linken Arteria carotis communis vor der Teilungsstelle.

Routine-EEG:

Ausreichend ausgeprägte, etwas frequenzlabile Grundtätigkeit von 8-10 c/s, Amplituden um 30 μ V. Gute Blockade beim Augenöffnen. Keine Änderung in der HV. Unipolar einzelne Thetawellen ohne Herdhinweis.

Etwas frequenzlabiles EEG im Normbereich.

Versuchs-EEG:

Alpha-EEG mit geringfügigen linksseitigen Unregelmäßigkeiten durch einzelne eingestreute Thetawellen.

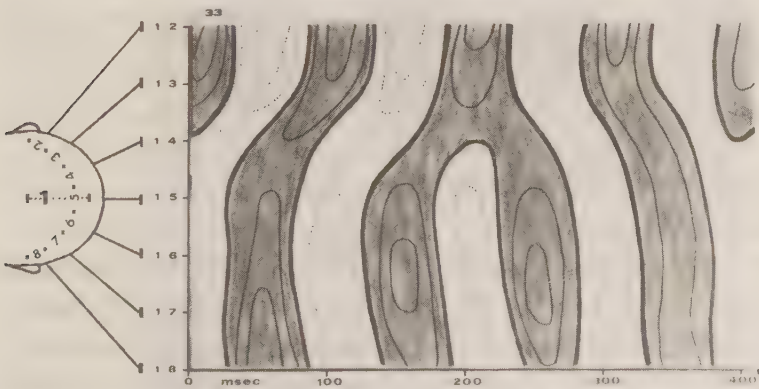


Abb. 25: Topographische Darstellung, EEG-Nr. 33, Paula, K., 54 J.

Auf der Karte ist ein beidseits gut ausgeprägter Alpharhythmus mit einer Frequenz von 10 c/s und einer Wellendauer von rund 103 msec in symme-

(Forts. Abb. 25)

trischer zeitlicher Zuordnung erkennbar. Auf beiden Seiten fällt der insgesamt niedrige Korrelationsgrad ($\pm 0,2$) nur langsam ab. Rechts erscheinen die Korrelationsmaxima konstant bei Kanal 2. Links liegen sie initial bei Kanal 7/8, wandern aber mit zunehmender Analysezeit nach medial. Die Phasenumkehrzone bei Kanal 4 ist nach rechts verlagert.

Beurteilung:

In seiner Korrelationsstruktur aspektmäßig regelmäßiges Bild mit guter Symmetrie hinsichtlich der Frequenz und zeitlichen Zuordnung der Maxima. Die Karte ähnelt den "gewohnten" Bildern des I. Typs, unterscheidet sich aber von ihnen durch Verlagerung der Phasenumkehr nach rechts, also zur gesunden Seite hin. Bemerkenswert ist auf der geschädigten Seite die inkonstante Lokalisation der Korrelationsmaxima.

2. Fall: Brigitte, N., 37 J.

Einweisungsdiagnose: Verdacht auf raumfordernden Prozeß in der hinteren Schädelgrube.

Anamnese:

Seit zwei Jahren starke Kopfschmerzen, in der letzten Zeit von heftigen Schwindelgefühlen begleitet.

Befund:

Bei internistisch unauffälligen Befunden sind neurologisch eine vorzeitige Absinktendenz des rechten Armes und ein Abweichen beim Romberg'schen Versuch nach links sowie Kopfschmerz des Schädels festzustellen.

Die Röntgenbilder zeigen einen leichten Wolkenschädel. Die durchgeführte Carotisangiographie links kann eine leichte Mediaanhebung objektivieren. Heliumencephalographisch ergibt sich kein sicherer Anhalt für einen Tumor; bemerkenswert bleibt der an der oberen Normgrenze liegende Abstand des dorsum sellae zum Knick des vierten Ventrikels (4 cm). Das anschließende Hirnszintigramm weist eine deutliche Aktivitätsanreicherung links temporal im dorsalen Abschnitt auf. Eine Vertebralisangiographie wird auf Wunsch der Patientin nicht durchgeführt. Eine neurochirurgische Intervention erfolgte nicht, die Patientin befand sich zum Zeitpunkt der Abfassung weiter in Behandlung.

Routine-EEG:

Gut ausgeprägte, spindelige Grundtätigkeit um 9 c/s mit ausreichender räumlicher Gliederung. Die Amplitude beträgt maximal 60 μ V. Guter Blockadeeffekt. In den temporalen Längsreihen temporo-occipital links Einlagerungen einzelner langsamer Elemente aus dem Thetabereich. Bei der HV keine Herdzeichen, keine Anfallsmuster.

Alpha-EEG ohne sicheren Herdhinweis.

Die in einmonatigen Abständen abgeleiteten Kontroll-EEG weisen keine grobe Befundänderung auf, lassen jedoch eine zunehmende weniger gut ausgeprägte Grundtätigkeit erkennen.

Versuchs-EEG:

Symmetrisch ausgebildeter Alparhythmus mit diskreten langsameren Einstreuungen links.

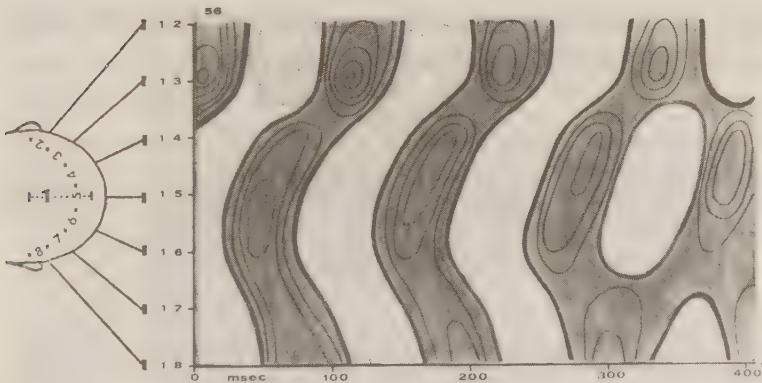


Abb. 26: Topographische Darstellung, EEG-Nr. 56, Brigitte, N., 37 J.

Rechts erkennt man eine stabile Frequenz von ungefähr 9 c/s mit einer Wellendauer von etwa 111 msec. Linksseitig ist die Frequenz etwas langsamer, was zu einer zunehmenden leichten Verschiebung der Korrelationsstrukturen in Richtung der Zeitachse führt. Der gemeinhin hohe Korrelationsgrad beträgt rechts $\pm 0,5$ und fällt bei $\pm 0,3$ langsam ab, ist medial leicht erniedrigt ($\pm 0,3$), aber gleichbleibend, links gegenüber rechts deutlich erniedrigt und rasch abfallend (von $\pm 0,3$ auf $\pm 0,1$). Die drei unterschiedlich hohen Korrelationsmaxima kommen bei Kanal 3, 5 und 8 zur Abbildung. Der Phasenwechsel vollzieht sich zwischen Kanal 3 bis 4 und hat somit eine deutliche Lateralisation nach rechts erfahren. Obliquitäten auf der Gegenseite lassen hier eine Lokalisation einer Phasenumkehr nicht zu.

Beurteilung:

Das zunächst regelmäßig erscheinende Bild weist bei der Beurteilung der Einzelkriterien erhebliche Differenzen zu den Befunden bei Normalpersonen auf. Die Annahme einer linksseitigen Funktionsstörung, die bei der visuellen Analyse des Versuchs-EEG nur andeutungsweise vorhanden ist, verstärkt sich bei der Analyse des topographischen Bildes. Eindeutig kommt auf der tumorverdächtigen Hemisphäre eine niedere, schnell abfallende Korrelation zur Abbildung. Eine Verlangsamung der Frequenz gegenüber rechts ist angedeutet erkennbar, jedoch nicht sicher zu verwerten. Zusätzlich treten zwei schon bei anderen Kranken beobachteten Phänomene auf: die Lateralisation der Phasenumkehrzone (sie würde in diesem Fall auf der nicht betroffenen Hemisphäre liegen) und die Ausbildung eines dritten Korrelationsmaximum.

3. Fall: Maria, R., 47 J.

Diagnose: Zustand nach operativer Entfernung eines Glioblastoma multiforme links parieto-temporo-occipital.

Anamnese:

Erstmaliger, generalisierter Krampfanfall im August 1971. Bis zum zweiten Anfall im März 1972 mit Bewußtlosigkeit und Schaum vor dem Mund hatte die Patientin keine Beschwerden. Im Mai 1972 treten erstmals Schreib- und Sprachstörungen auf, die zur Aufnahme in der hiesigen Klinik führen.

Befund:

Bei der neurologischen Untersuchung bestehen Kalottenklopfschmerz, Rechtsbetonung der Armeigenreflexe, gemischte Aphasie, ausgeprägte Agraphie, Paraphasien sowie eine leichte Alexie und Akalkulie.

Hirnzintigraphisch stellt sich eine umschriebene Aktivitätsanreicherung links parieto-temporo-occipital dar. Die Carotisangiographie läßt einen Tumor links temporo-occipital vermuten, desgleichen die Heliumencephalographie.

Mitte Juni 1972 wird ein Glioblastoma multiforme links parieto-occipital von Tennisballgröße operativ entfernt.

Der postoperative Verlauf gestaltet sich komplikationslos, so daß die Patientin Mitte Juli zur Nachbehandlung entlassen werden kann.

Kopfschmerzen, Angstzustände, Gangunsicherheit, Wortfindungsstörungen und Visusver-

minderung machen Mitte August 72 eine erneute Aufnahme nötig. Man findet geringgradige latente Paresen rechts mit vorzeitiger Absinktendenz. Dominierend sind eine gemischte, vorwiegend motorische Aphasie, Alexie, Akalkulie und Agraphie, zeitliche und situative Desorientiertheit, Affektlabilität und zeitweilige Unruhezustände.

Es wird eine Radio-Kobalt Nachbehandlung durchgeführt, die zur Besserung der Beschwerden führt. Agraphie und Aphasie weisen eine rückläufige Tendenz auf. Psychisch tritt eine affektive Stabilisierung ein, so daß die Patientin Ende Oktober in hausärztliche Betreuung entlassen werden kann.

Routine-EEG:

Rechts relativ regelmäßige Grundtätigkeit um 9 c/s, die links etwas spärlicher ist und von Thetaaktivität überlagert wird. Reichlich diffuse, zentral spindelige Betawellen. In der HV leichte Zunahme der langsamen Wellen links. Auch nach der HV links parieto-occipital bis basal persistierende langsame Wellen.

Abnormes EEG mit für links sprechenden Seitendifferenzen. Ein Vergleich mit vorhergehenden, postoperativen Kontrollen läßt eine Besserung mit geringem Herdhinweis und stabilerer Grundtätigkeit erkennen.

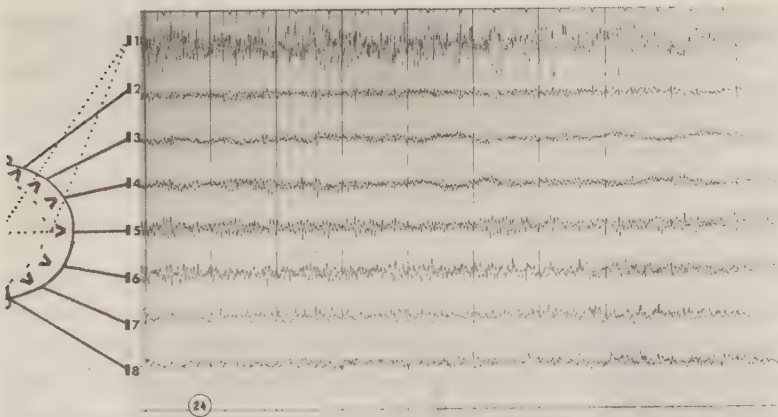


Abb. 27: Versuchs-EEG Nr. 24, Maria, R., 47 J.

Rechts gut ausgeprägte Alphetätigkeit. Der linksseitig instabilere Alparhythmus wird durch vermehrte Thetaaktivität überlagert. Über dem "Referenzkanal" 1 zeigen sich eingestreute Betarhythmen.

EEG mit Seitendifferenzen. Leichte Frequenzlabilität links

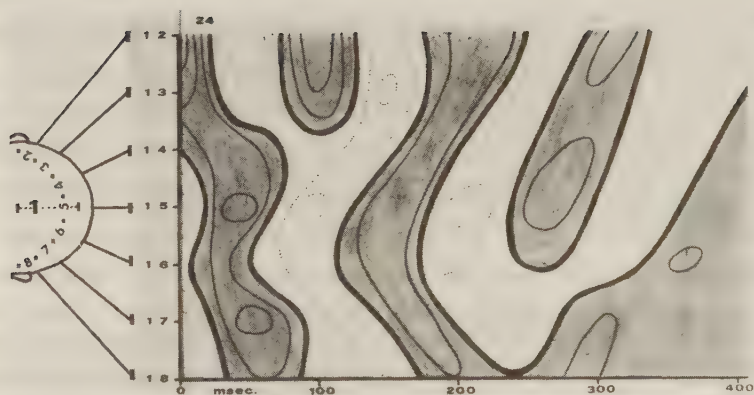


Abb. 28: Topographische Darstellung, EEG-Nr. 24, Maria, R., 47 J.

Hemisphärisch frequenzdifferentes Bild mit einer Frequenz von ca. 10 c/s und einer Frequenz von ca. 105 msec. Links anfänglich nur geringe, später deutliche Frequenzverlangsamung. Der insgesamt niedrige Korrelationsgrad beläuft sich rechts zwischen $+0,3$ bis $+0,1$, ist medial geringer ($\pm 0,2/ \pm 0,1$), links initial $+0,2$ und fällt hier schnell in Zufallsbereiche unter $+0,1$ ab. Regelmäßige, mit guter zeitlicher und örtlicher Symmetrie abgebildete Maxima stellen sich rechtshemisphärisch zwischen Kanal 2/3, medial bei Kanal 5 dar. Links findet sich nur bis ca. 100 msec eine Korrelationsmaximumzone zwischen Kanal 7 und 8. Der konstanten Phasenumkehrzone rechts zwischen Kanal 3 und 4 steht eine inkonstante Zone bei Kanal 6/7 gegenüber.

Beurteilung:

Deutlich "ungewohntes" Bild von niedriger Korrelation, die links noch niedriger ausgebildet ist und dort etwa nach der halben Analysezeit zu einer Zufallsstruktur führt. Insgesamt 3 Korrelationsgipfel und zwei Phasenumkehrzonen - links ist eine solche nur andeutungsweise vorhanden - unterstreichen die Ungewöhnlichkeit des Bildes.

Die linksseitig stark veränderte Korrelationsstruktur ist mit der dort deutlicher vorhandenen Frequenzlabilität des Grundrhythmus zu erklären. Eindrucksvoll erscheint die persistierend abfällige topographische Struktur im Vergleich zu dem im Hinblick auf das Grundleiden doch recht befriedigend gebesserten EEG der Abb. 27.

4. Fall: Herbert, S., 41 J.

Diagnose: Zustand nach Totalexstirpation eines pflaumengroßen Angioblastoms der linken Kleinhirntonsille am Ausgang des vierten Ventrikels.

Anamnese:

Anfang September 72 bemerkt der Patient erstmals Doppelbilder und Schwächegefühl des linken Fußes, was zur Einweisung Anlaß gibt.

Befund:

Hypästhesie und Hypalgesie des N. V, 1/2 rechts. Der Cornealreflex ist rechts deutlich abgeschwächt. Die Eigenreflexe sind links leicht betont. Das Aufnahme-EEG zeigt eine allgemein erhöhte zerebrale Erregbarkeit ohne Herdveränderungen. Hirnszintigraphisch erfolgt eine Aktivitätsanreicherung in der hinteren Schädelgrube. Bei der Heliumencephalographie erweist sich der vierte Ventrikel als hochgradig nach rechts verlagert und bogenförmig von links her eingedellt. Angiographisch kommt ein etwa pflaumengroßer, gefäßreicher Tumor des linken Ventrikels zur Darstellung. Er liegt paramedian zum Ausgang des vierten Ventrikels.

Verlauf:

Am 5.10.72 wird ein Tumor der linken Kleinhirntonsille entfernt. Histologisch erweist er sich als Angioblastom ohne Anhalt für Malignität.

Postoperativ erholt sich der Patient schnell und läßt keine neurologischen Ausfallerscheinungen mehr erkennen.

Versuchs-EEG und nachfolgende Routine-EEG werden am 30.10.72, also postoperativ, abgeleitet.

Routine-EEG:

Bioccipital gut ausgeprägte Grundtätigkeit von 8-9 c/s und einer Amplitude bis zu 70 μ V. Guter Blockadeffekt. Alternierendes Auftreten gruppierteter Thetawellen bilateral in der Ruheableitung, die während der HV zunehmen und leichte Rechtsbetonung aufweisen. Unipolar keine sicheren Seitendifferenzen.

Abnormes EEG mit zahlreichen bilateral, insbesondere bei Belastung auftretenden Thetawellen, mit dezenter Rechtsbetonung.

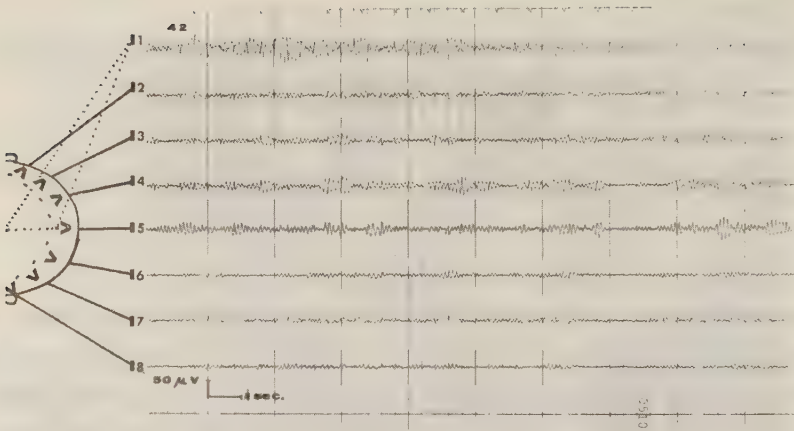


Abb. 29: Versuchs-EEG Nr. 42, Herbert, S., 41 J.

Normales Alpha-EEG mit vereinzelten Unregelmäßigkeiten in Form isoliert überlagerter Thetagruppen.

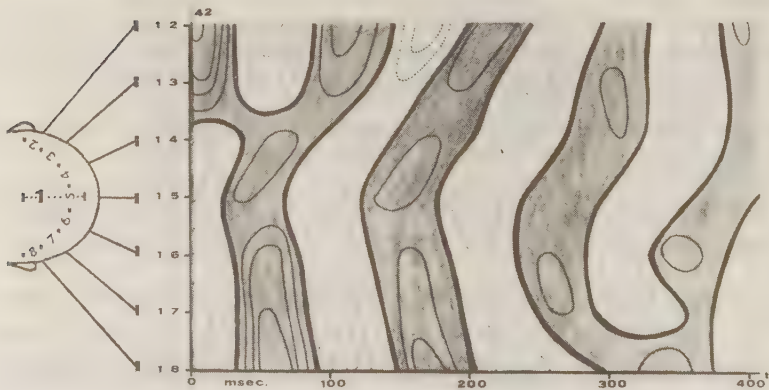


Abb. 30: Topographische Darstellung, EEG-Nr. 42, Herbert, S., 41 J.

In der ersten Hälfte der Analysezeit ist beidseits eine Frequenz von 9 c/s und eine Wellendauer von ungefähr 109 msec zu sehen. Größere Unregelmäßigkeiten dieser Parameter charakterisieren die 2. Hälfte, besonders

(Forts. Abb. 30)

paramedian und links. Der Korrelationsgrad ist mäßig hoch. Rechts erreicht er eine Höhe von $+0,4$ bis $+0,1$, links von $+0,3$ bis $+0,1$, wobei hier ein rascher Abfall zu beobachten ist. Die niedrigsten und am schnellsten auf Zufallswerte unter $0,1$ abfallenden Korrelationswerte gelangen medial zur Abbildung. Bei initial zeitlich guter Symmetrie der Korrelationsmaxima finden wir später deutliche Abweichungen. Lokalisiert sind sie rechts bei Kanal 2, medial zwischen 4 und 5, links zwischen Kanal 7 und 8. Die Phasenumkehrzone ist nach rechts verlagert und stellt sich zwischen Kanal 3 und 4 dar.

Beurteilung:

Ein von den "gewohnten" Bildern stark abweichende Korrelationsverteilung, die vor allem paramedian und links unregelmäßige Strukturen aufweist. Ungewohnt sind das Auftreten von 3 Korrelationsmaxima mit einer stark nach rechts verlagerten Phasenumkehrzone. Eindrucksvoll ist die Übereinstimmung der vorwiegend links paramedian auftretenden Irregularitäten in Form des allgemein niedrigen und rasch abfallenden Korrelationsgrades bei unauffälligen Versuchs-EEG (Abb. 29).

Der Patient wurde in diese Gruppe aufgenommen, da der in der hinteren Schädelgrube lokalisierte Prozeß bereits allgemein zerebrale Wirkungen hervorgerufen hatte, wie das initial abnorme und postoperativ normalisierte EEG ausweist. Diese Beobachtung zeigt erneut, daß auch ein völlig unauffälliges Alpha-EEG Abweichungen von der gewohnten symmetrischen und stabilen topographischen Struktur aufweisen kann.

5. Fall: Wilhelm, W., 60 J.

Diagnose: Temporo-basale Raumforderung links.

Anamnese:

Nach Angaben der Angehörigen fiel der Patient innerhalb des letzten halben Jahres durch zunehmende Teilnahmslosigkeit, nachlassende Gedächtnisleistung und Wortfindungsstörungen auf. Zwei Wochen vor der Aufnahme kam es erstmals zu heftigen Kopfschmerzen im linken Stirn-Schläfenbereich.

Befund:

Stark gesteigerte Extremitäteneigenreflexe rechts. Absinktendenz des rechten Armes und Beines beim Vorhalteversuch. Wechselnd stark ausgeprägte Aphasie und Apraxie.

Psychisch ist der Patient ausreichend zeitlich und örtlich orientiert. Auffallend ist eine

starke Antriebsminderung. Die Schädelleeraufnahme zeigt links eine Destruktion des Keilbeinflügels. Bei der Carotisangiographie stellt sich eine Parallelverschiebung der Arteria pericallosa und eine Anhebung des Venenwinkels nach links dar.

Routine-EEG:

Bei sonst unauffälligem Grundmuster zeigt das EEG eine mäßige Deltaaktivität links fronto-temporal.

Versuchs-EEG (praeoperativ):

Gut ausgeprägter Alpharhythmus über allen Regionen, der linkshemisphärisch von diskontinuierlicher, flacher bis mittelhoher Deltaaktivität überlagert ist.

Zum Verlauf:

Am 10.11.72 wird die Totextirpation eines Tumors durch Resektion des linken Temporalpoles und des mittleren Drittels des Temporallappens durchgeführt. Histologisch handelt es sich um ein Astrozytom.

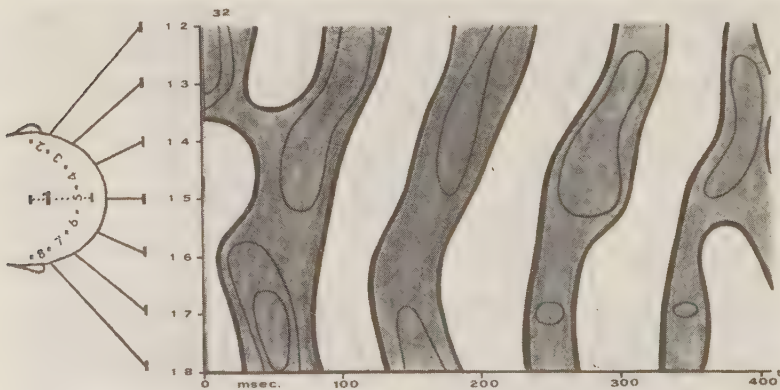


Abb. 31: Topographische Darstellung, EEG-Nr. 32, Wilhelm, W., 60 J.

Die Frequenz beträgt 10 c/s, die Wellendauer ungefähr 100 msec. Beide Zeitwerte sind rechts regelmäßiger als links. Der insgesamt niedrige Korrelationsgrad weist initial beidseits eine Größe von $\pm 0,2$ auf und fällt dann

(Forts. Abb. 31)

nahezu seitengleich schon bei 90 msec auf + 0,1 ab. Die Lage der Maxima sind nur zu Beginn beurteilbar; sie finden sich rechts zwischen Kanal 2 und 3, links zwischen Kanal 7 und 8. Neben der anfänglich nach rechts verlagerten Phasenumkehrzone tritt inkonstant eine weitere zwischen Kanal 5 und 6 auf.

Beurteilung:

Durch die anfänglich zur gesunden Seite hin lateralisierte Phasenumkehr von den Normalbildern abweichender Befund. Der Korrelationsgrad ist allgemein niedrig.

6. Fall: Giesela, G., 44 J.

Diagnose: Zustand nach Astrozytomoperation 1971. Jetzt Rezidiv rechts fronto-parasagittal.

Anamnese:

August 1971 Entfernung eines 5 cm großen Astrozytoms rechts fronto-parasagittal mit anschließender Bestrahlung von insgesamt 6000 r. Seit Oktober 1972 bemerkt die Patientin zunehmende Schwäche im linken Arm und eine allgemeine Leistungsminderung, die Anfang Februar 1973 zur Aufnahme führen.

Befund:

Diskrete Parese des linken Armes.

Im Hirnzintigramm kommt eine Aktivitätsanreicherung fronto-zentral zur Darstellung. Beim Carotisangiogramm zeigt sich rechts frontal eine Tumoranfärbung mit pathologischer Vaskularisation, die bereits in den Bereich der Stammganglien reicht.

Verlauf:

Wegen der tiefen Lokalisation des Tumors kann eine erneute Operation nicht durchgeführt werden. Abermalige Bestrahlung von insgesamt 6000 r erfolgt.

Routine-EEG:

Über der linken Hemisphäre leichte, rechts stärkere Dysrhythmie mit Theta-Delta-Folgen bis 3 c/s, zwischen der die schnelleren Verläufe eingelagert sind.

Dysrhythmiefocus rechts temporal mit steilen Elementen und Verdacht auf erniedrigte Krampfschwelle.

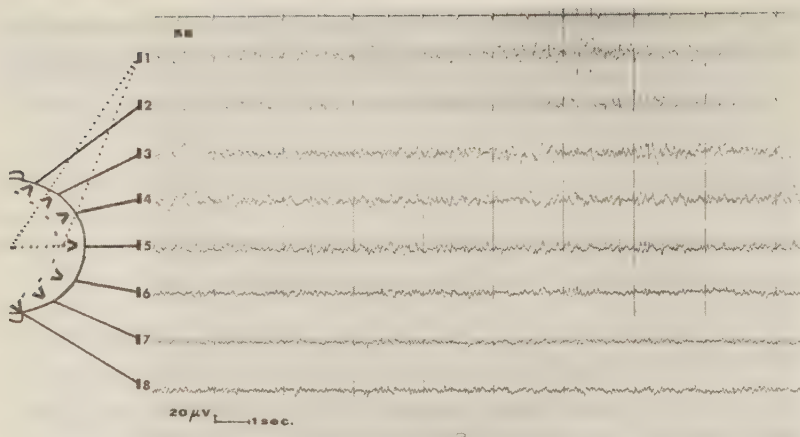


Abb. 32: Versuchs-EEG Nr. 58, Giesela, G., 44 J.

Stark frequenzlabiles EEG mit eingestreuten steilen Thetawellen rechts.
Linksseitig Alpha-Beta-Mischaktivität.

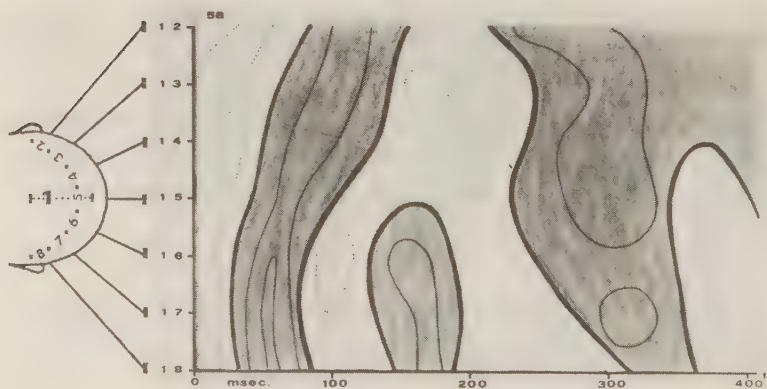


Abb. 33: Topographische Darstellung, EEG-Nr. 58, Giesela, G., 44 J.

Einer langsamen Periodik rechts stehen etwas schnellere Folgen links gegenüber, ohne Möglichkeit einer eindeutigen zeitlichen Zuordnung der Maxima. Der Korrelationsgrad ist insgesamt niedrig und rasch abfallend, läßt jedoch links noch am ehesten eine rhythmische Komponente erkennen. Eine einheitliche definierbare Phasenumkehrzone ist nicht vorhanden.

Beurteilung:

Als chaotisch zu bezeichnendes Bild, bei welchem der niedrige Korrelationsgrad besonders rechts keine organisierte Struktur erkennen läßt. Die Seitendifferenz dürfte auf die rechtsseitig vermehrt eingelagerten Thetawellen im Versuchs-EEG zurückzuführen sein (Abb. 32). Linkshemisphärisch könnte man aufgrund des Versuchs-EEG eine besser erhaltene Gliederung erwarten, als sie sich tatsächlich findet. Offenbar ist die (sehr unregelmäßige) Aktivität des Referenzkanals 1 mit den linkshemisphärischen Ableitungen 6-8 schlecht korreliert. (Beeinträchtigung des Alpha-Schrittmachers durch Einwachsen des Prozesses in mittelnähe Struktur?).

7. Fall: Werner, K., 35 J.

Diagnose: Verdacht auf intracerebrale Raumforderung links parieto-temporo-occipital.

Anamnese:

1970 wiederholte Schwindelanfälle mit anschließender Bewußtlosigkeit von 2-3 Minuten. Im Juli des gleichen Jahres erstmalig ein generalisierter Krampfanfall. Im Oktober 1971 wird in der Neurochirurgischen Universitätsklinik Mainz eine Raumforderung im Bereich der linken Hemisphäre parieto-temporo-occipital angenommen, von einer Operation wird jedoch abgesehen. Der Patient verbleibt unter laufender Kontrolle. Bei der letzten Vorstellung 1973 klagt der Patient über deutliche Zunahme der Beschwerden und weist eine progrediente Symptomatik auf, die zur Aufnahme veranlaßt.

Befund:

Bei guter zeitlicher und örtlicher Orientierung wirkt der Patient depressiv und deutlich verlangsamt.

Im Bereich der Hirnnerven findet sich eine Abweichung der Uvula nach rechts. Die Muskeleigenreflexe sind bei allgemein erhöhtem Reflexniveau rechts gesteigert.

Im Hirnszintigramm ist keine Aktivitätsanreicherung zu erkennen. Die Carotisangiographie links läßt einen raumfordernden Prozeß links parieto-occipital erkennen, der gegenüber dem Befund von 1971 an Umfang zugenommen hat.

Routine-EEG:

Über der rechten hinteren Hirnhälfte instabile Grundaktivität um 9-10 c/s und 20 μ V, die über der linken hinteren Hälfte etwas amplitudenniedrigere Verläufe gleicher Fre-

quenz aufweist. Während sich über der rechten vorderen und mittleren Hirnhälfte im wesentlichen die gleiche Wellentätigkeit findet, treten links temporal langsamere Verläufe aus niedergespannten Theta-Delta-Potentialen auf.

Versuchs-EEG:

Rechtsseitige Alpha-Aktivität bei links vorherrschenden langsamen Wellen vom Delta-Typ. Der Referenzkanal enthält Alpha- und Delta-Frequenzen.

Zum klinischen Verlauf:

Ende Februar 1973 wurde die Operation durchgeführt. Dabei entfernte man einen walnußgroßen, substanzeigenen Tumor links parieto-temporo-occipital. Es handelte sich um ein fibrilläres Astrozytom Kernohan II.

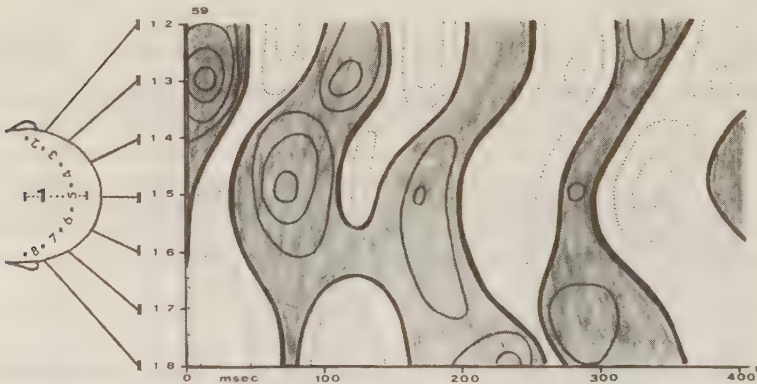


Abb. 34: Topographische Darstellung, EEG-Nr. 59, Werner, K., 35 J.

Die rechts regelmäßige und gut beurteilbare Struktur des Bildes weist eine Frequenz von etwa 10 c/s bei einer Wellendauer von ungefähr 100 msec auf. Nach medial und links hin wird die Frequenz langsamer. Die Korrelationshöhe ist anfangs gut, fällt aber dann, besonders links, rasch ab. Rechts finden sich Werte zwischen $\pm 0,4$ bis $\pm 0,2$, links zwischen $\pm 0,4$ und $\pm 0,1$. Gegenüber der regelmäßigen lokalen und zeitlichen Verteilung der Korrelationsmaxima bei Kanal 3 ist links temporal das Auftreten ungeordneter. Medial bei Kanal 5 ist eine dritte Maximalzone konstant ausgeprägt, wobei die Korrelationshöhe wechselt. Eine gleichmäßige Umkehr der Phase findet rechts zwischen Kanal 3 und 4 statt. Links ist das Phasenverhalten sowohl zeitlich als auch örtlich inkonstant.

Beurteilung:

Ein durch seine Verteilung der Korrelationsstrukturen ungewohntes Bild, ohne Zuordnungsmöglichkeit zu einem der drei "Normaltypen". Auffallend ist die größere Regelmäßigkeit rechts gegenüber links. Eine dritte mediale Korrelationsmaximumzone wird rechts konstant von einer Phasenumkehrzone abgegrenzt (Lateralisation der Phasenumkehr zur gesunden Seite), während links das Phasenverhalten inkonstant ist.

Langsamere Halbwellen mit initial hoher Korrelation medial und links können durch das gemeinsame Auftreten von Alpha- und Deltafrequenzen im Referenzkanal und über der linken Hemisphäre erklärt werden.

Die räumlich-zeitliche Darstellung steht bezüglich der Seitendifferenz im Einklang mit dem konventionellen EEG und gibt in Form des niedrigen, schnell abfallenden Korrelationsgrades links sowie den nahezu zufällig angeordneten Strukturen über dieser Hemisphäre einen illustrativen Seitenhinweis.

In diesem Zusammenhang wird auf Abb. 40, EEG-Nr. 61, verwiesen. Sie wurde drei Wochen später erstellt und läßt bei gleichbleibendem konventionellen EEG aufgrund seiner chaotischen Verteilungsmuster eine Progredienz erkennen.

8. Fall: Gabriele, S., 19 J.

Diagnose: Verdacht auf Rezidiv eines Ependyoms links frontal.

Anamnese:

Die erste Operation erfolgte im März 1970. Es wird ein 110 g schweres Ependymom links frontal entfernt, das bis in das Vorderhorn des Seitenventrikels reicht. Weihnachten 1972 treten wieder Kopfschmerzen und Erbrechen auf.

Befund:

Ophthalmologisch finden sich Anzeichen für eine beginnende Stauungspapille. Sonst zeigt die Patientin neurologisch keine Ausfälle. Im Carotisangiogramm stellt sich eine große, gefäßarme Raumforderung links frontal dar.

Routine-EEG:

Mäßig bis ausreichend ausgeprägte Alphanätigkeit um 8-10 c/s, unregelmäßig, rechts etwas reichlicher als links. Links frontal sowie temporal Mitte kontinuierliche, polymorphe Deltaaktivität, die auch bei Augenöffnen nicht blockiert. Eingestreut einzelne

steile Formen.

Relativ umschriebener Deltaherd links fronto-temporal. Deutlich pathologischer Befund.

Zum klinischen Verlauf:

Die Zweitoperation erfolgt Anfang März 1973. Es wird ein Rezidivtumor von 80 g entfernt, der, verdrängend wachsend, bis in das Vorderhorn des linken Seitenventrikels reichte. Histologisch handelt es sich um ein Ependymom (Kernohan II-III).

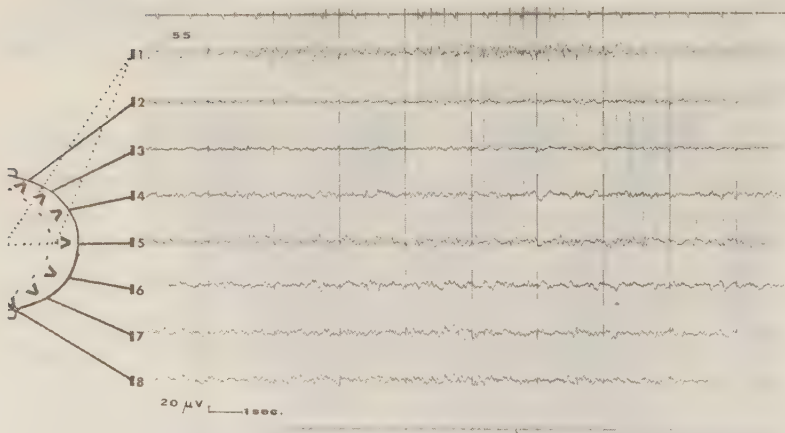


Abb. 35: Versuchs-EEG Nr. 55, Gabriele, S., 19 J.

Seitendifferentes Alpha-EEG mit links langsamer Aktivität. Der links-seitige Alpharhythmus ist ausreichend ausgeprägt. Einzelne langsame Abläufe im Referenzkanal.

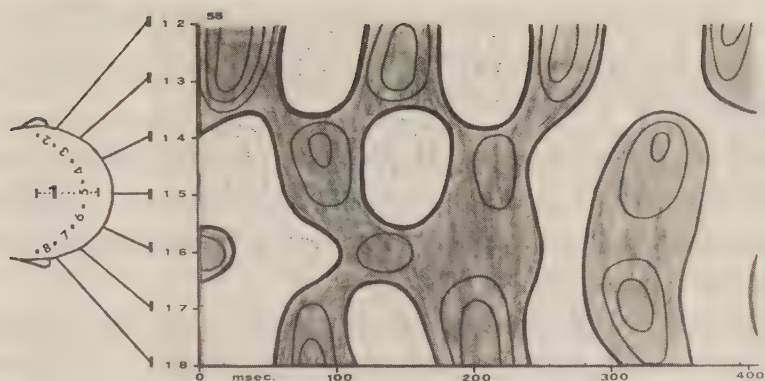


Abb. 36: Topographische Darstellung, EEG-Nr. 55, Gabriele, S., 19 J.

In den temporalen Abschnitten, vor allem aber rechts, gut erkennbare Alphetätigkeit mit einer Frequenz von 8 c/s und einer ungefähren Wellendauer von 113 msec. Bis etwa 150 msec ist eine Einteilung in vier Maximalzonen erkennbar. (Von rechts nach links zwischen Kanal 2/3; 4/5; 6; 7/8). Der mittelhohe Korrelationsgrad beläuft sich rechts zwischen $+0,3$ und $+0,2$, links zwischen $+0,2$ und $+0,1$. Rechts paramedian ist die Korrelation etwas niedriger und schneller abfallend. Geringste Werte sind paramedian links zu verzeichnen, die nach 15 msec auf Werte unter $0,1$ abfallen. Von den drei Phasenumkehrzonen ist die rechte durchgehend bei Kanal 4 vorhanden, die mittlere und linke ist nur initial ausgebildet.

Beurteilung:

Die Grundstruktur entspricht dem Normaltyp II, doch weicht die Verteilung hiervon durch deutlichere Seitendifferenzen des Korrelationsgrades ab. Die Unregelmäßigkeiten des Versuchs-EEG (Abb. 35) finden in der niedrigen und schnell abfallenden Korrelation, besonders links paramedian ihren Niederschlag.

Der weitere EEG-Verlauf des schnell wachsenden Tumors ist aus der topographischen Abbildung Nr. 39, EEG-Nr. 60, die drei Wochen später angefertigt wurde, ersichtlich.

3.6.3 Kurze Zusammenfassung der Befunde hirnorganisch Kranker mit Seitendifferenz im Routine- und Versuchs-EEG

Bei der Untersuchung dieser Gruppe finden wir in allen Fällen eine Abweichung der topographischen Struktur von den "Normaltypen".

Neben Frequenzunregelmäßigkeiten geben die von den vorangehenden Gruppen her bekannten Phänomene -

- a) Abnahme des Korrelationsgrades als Funktion der Analysezeit - in dieser Gruppe mit deutlicher Seitendifferenz - (Abb. 31, 33, 34, 36),
- b) Auftreten eines dritten, medialen Korrelationsmaximum mit zwei Phasenumkehrzonen (Abb. 26, 28, 34), wobei eine lateral verschoben ist (Abb. 34), oder sich aber nur eine Umkehrzone findet (Abb. 30),
- c) Lateralisation der Phasenumkehr (Abb. 25, 26, 28, 30, 31, 34),

zuverlässig Information über die Lokalisation des pathologischen Geschehens.

Selbst in einem Fall (Zustand nach Entfernung eines Angioblastoms der Kleinhirntonsille links), wo ein unauffälliges Versuchs-EEG zugrunde liegt (Abb. 29), weist die topographische Darstellung (Abb. 30) deutliche Seitendifferenzen auf.

3.7 Reproduzierbarkeit der räumlich-zeitlichen Struktur

3.7.1 Fragestellung

Man weiß, daß zwei unterschiedliche oder gar zeitlich weit auseinander liegende, unter gleichen Bedingungen abgeleitete EEG ein und derselben Person nie identisch sind. Zwar findet man gewisse Ähnlichkeiten in Frequenz, Amplitudenhöhe, typischen Wellenmustern und deren Verteilung, die eine gegebene Kurve in reproduzierbarer Weise charakterisieren können, doch muß man sich der spontanen Variabilität stets bewußt sein.

Aus diesem Grund erscheint uns die Frage interessant, ob wir mit Hilfe der multiplen Kreuzkorrelation - also einer statistischen Methode - gefundene räumlich-zeitliche Verteilungsmuster nach einem größeren Zeitraum wieder antreffen und inwieweit beide Karten identisch sind.

Es wurden daher die Aufnahmen zweier Gesunder und zweier Tumorpatienten im dreimonatigen bzw. dreiwöchigen Abstand unter versuchsüblichen Bedingungen wiederholt und folgendes festgestellt:

3.7.2 Darstellung der Ergebnisse:

Legende zu Abb. 37, EEG-Nr. 29 und 48, Winfried, G., 30 J., Normalperson.

Die Ableitung erfolgte in einem dreimonatigen Abstand.

Auf beiden Bildern finden wir eine Alphaverteilung des I. Typ mit einer medianen Phasenumkehrzone bei Kanal 5 und zwei Korrelationsmaxima bei Kanal 3 und 7. Hier wie dort ist der Korrelationsgrad mäßig hoch und fällt rechts etwas schneller ab, um bei etwa 300 msec in Zufallsbereiche zu gelangen. Frequenz und Wellendauer sind nahezu kongruent.

Beurteilung:

Beide Karten zeigen nach dreimonatigem Intervall die gleiche Alphaverteilung. Sogar bei sehr niedrigen Korrelationen gegen Ende der Analysezeit, wo am ehesten Zufallsverteilungen zu erwarten wären, kommen gut vergleichbare Strukturen zur Darstellung.

Abb. 37



Topographische Darstellung, EEG-Nr. 29, Winfried, G., 30 J.



Topographische Darstellung, EEG-Nr. 48, Winfried, G., 30 J.

Legende zu Abb. 38, EEG-Nr. 30 und 47, Shin, J.S., 31 J., Normalperson.

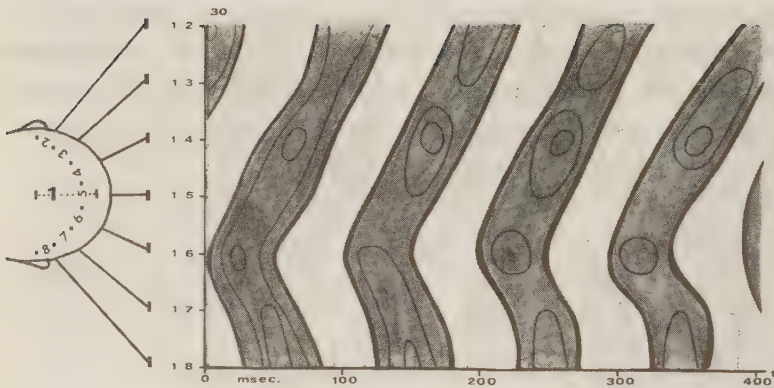
Aufgenommen im dreimonatigen Abstand.

Beide Karten sind durch zentrifugal verlaufende "Obliquitäten" mit Richtungsumkehr bei Kanal 5 dem III. Grundtyp zuzuordnen. In der Wiederholungsaufnahme (EEG-Nr. 47) ist ein allgemein höheres Korrelationsniveau zu verzeichnen. Der Grad des Korrelationsabfalls ist aber ebenso wie Frequenz und Wellendauer auf beiden Bildern gleich. Stärkere Schrägstrukturen rechtshemisphärisch mit unklarem Phasenverhalten zwischen Kanal 3 und 4 charakterisieren auch die zweite Darstellung.

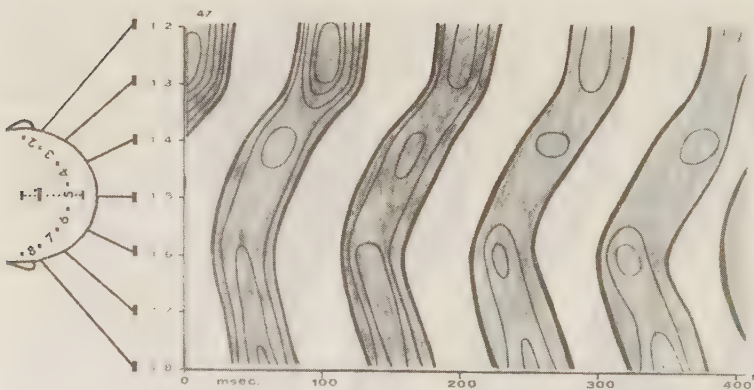
Beurteilung:

Nahezu identische Alphaverteilung auf beiden Bildern mit unterschiedlichem, allgemeinem Korrelationsgrad (Vigilanzschwankungen).

Abb. 38



Topographische Darstellung, EEG-Nr. 30, Shin, J.S., 31 J.



Topographische Darstellung, EEG-Nr. 47, Shin, J.S., 31 J.

Legende zu Abb. 39, EEG-Nr. 55 und 60, Gabriele, S., 19 J.

Verdacht eines Ependymomrezidivs links frontal.

Zwischen beiden Aufnahmen liegen drei Wochen.

Auf der nicht betroffenen rechten Seite finden sich in Bezug auf Frequenz, Wellenlänge, Lage der Korrelationsmaxima und der Phasenumkehrzone zwischen Kanal 3 und 4 sehr gut mit der Erstaufnahme (EEG-Nr. 55) vergleichbare Strukturen. Auf der linken Seite ist der Korrelationsgrad nach drei Wochen noch geringer. Es kommen hier nur noch die lateralen Korrelationsmaxima zur Darstellung, die paramedianen sind nicht mehr vorhanden, so daß wir in diesem Bereich nunmehr durchgehende Werte unter 0,1 finden.

Beurteilung:

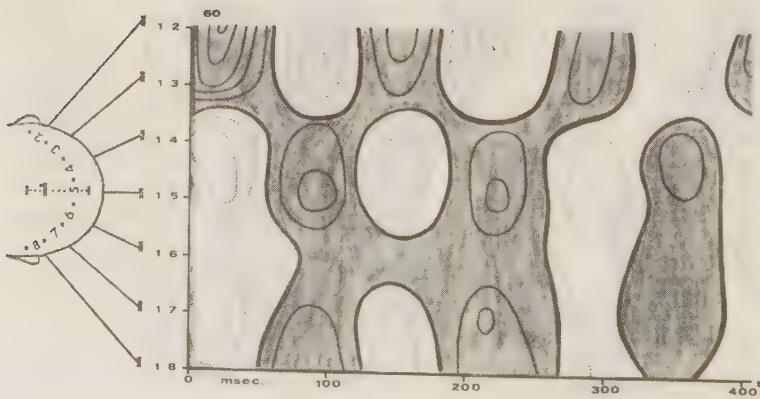
Insgesamt gleiche Verteilung des Alpharhythmus, mit geringen Abweichungen auf der linken Seite paramedian.

Das dazugehörige Versuchs-EEG läßt keine Befundverschlechterung gegenüber der Erstaufnahme erkennen, klinisch Progredienz bis zur Operation. Im einzelnen wurde diese Patientin auf S. 69 ff. vorgestellt.

Abb. 39



Topographische Darstellung, EEG-Nr. 55, Gabriele, S., 19 J.



Topographische Darstellung, EEG-Nr. 60, Gabriele, S., 19 J.

Legende zu Abb. 40, EEG-Nr. 59 und 61, Werner, K., 35 J.

Verdacht auf intracerebrale Raumforderung links parieto-temporo-occipital.

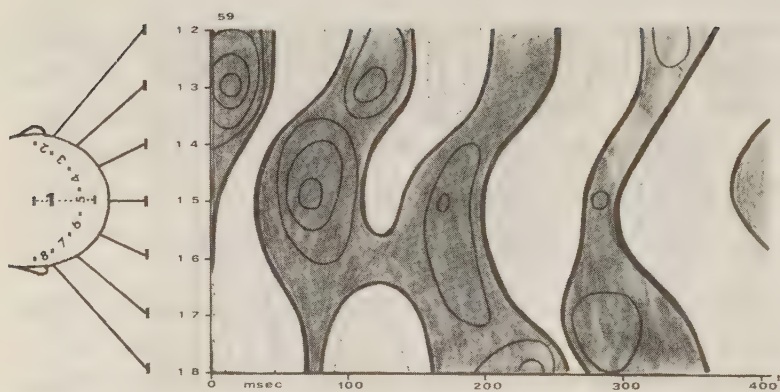
Der Fall wurde S. 67 ff. vorgestellt.

Der gleichbleibende Korrelationsgrad auf der gesunden, rechten Seite zeigt auf beiden Aufnahmen vergleichbare Verteilungsmuster. Auch die Lokalisation der medialen Korrelationsmaxima bei Kanal 5 stimmt nach drei Wochen noch überein. Linksseitig kommt bei der Zweitaufnahme eine langsame Schwankung zunächst negativer und anschließend positiver Korrelationen zur Abbildung. Vergleichbare Verhältnisse mit etwas höherer Korrelation finden wir in der ersten Aufnahme.

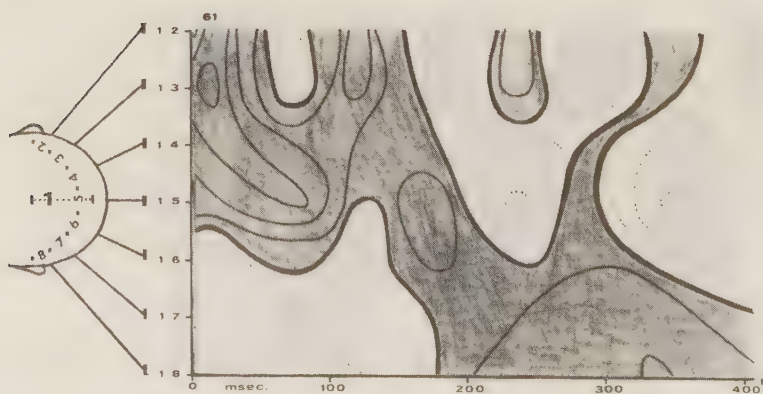
Beurteilung:

Bei guter Übereinstimmung auf der gesunden Seite finden sich paramedian, vor allem aber links über der erkrankten Hemisphäre weniger konstante Verhältnisse, die z.T. auf den niedrigen Korrelationsgrad und dadurch größere Variabilität der Konturen zurückzuführen sind. Deutlich ist bei nicht verschlechterten Versuchs-EEG eine weitere Destruktion in der topographischen Abbildung zu verzeichnen.

Abb. 40



Topographische Darstellung, EEG-Nr. 59, Werner, K., 35 J.



Topographische Darstellung, EEG-Nr. 61, Werner, K., 35 J.

4. DISKUSSION

4.1 Diskussion der Befunde bei Normalpersonen

Wie vorangehend dargestellt, konnten wir bei unseren Normalpersonen drei sich wiederholende Bildstrukturen unterscheiden.

4.1.1 Bilder mit einer von uns am häufigsten gefundenen Konfiguration (Abb. 2 und 3) wiesen ein Korrelationsmaximum über jeder Hemisphäre, getrennt durch eine Phasenumkehrzone in der Mitte der Elektrodenreihe, dem Interhemisphärenspalt entsprechend, auf. Die Höhe der Korrelation war bei den einzelnen Individuen unterschiedlich und fiel jeweils bei ihnen unterschiedlich stark, jedoch im Einzelfalle seitengleich, in Richtung der Zeitachse ab. Häufig fand sich eine gewisse Seitenasymmetrie in Hinblick auf die Lokalisation des Korrelationsmaximum, während die Zahl der korrespondierenden Niveaux ziemlich symmetrisch war, was den Absolutwert des Korrelationskoeffizienten betrifft. Zu diesem Punkt ist allgemein anzumerken, daß bei bipolarer Ableitung Phasenumkehrzonen dem Potentialmaximum bei unipolaren Ableitungen entsprechen und darum topographisch von größerer Bedeutung sind als die Zonen der Korrelationsmaxima. Bei diesem Grundtyp, wie auch bei all unseren anderen Probanden, zeigte sich ein Zusammenhang zwischen Höhe des Korrelationsgrades und Regelmäßigkeit des zugrunde liegenden Alpharhythmus. Beherrschte ein gut ausgeprägter Alpharhythmus das Versuchs-EEG, so war der Korrelationsgrad allgemein höher als bei einem spärlichen und unregelmäßigen Wellenmuster.

Die bei dieser Gruppe erhobenen Befunde entsprechen jenen von REMOND und der daraus abgeleiteten, eingangs erwähnten Alphamodellvorstellung. Die Musterkonfiguration ist sehr gut mit den dreidimensionalen Darstellungen des "alpha-average" vergleichbar (REMOND et al. 1969).

Auch diese Autoren fanden eine Phasenumkehrzone über der Mittellinie; die Amplitudenmaxima - vergleichbar unseren Korrelationsgipfeln - traten simultan über beiden Hemisphären bei gleicher Lokalisation und Verteilung auf.

4.1.2 Abb. 5 und 6 zeigen einen zweiten, ebenfalls häufig von uns gefundenen Typ, welcher sich durch seine vier Korrelationsmaxima und seine zwei zusätzlichen lateralen Phasenumkehrzonen vom I. Typ deutlich abhebt.

Vergleichbare Bilder fanden LAIRY et al. (1969) bei topographischen Untersuchungen mittels "alpha-average" bei einigen Kindern mit ausgeprägten Störungen ihrer psychomotorischen Entwicklung. Mit der von JOSEPH et al. (1969) entwickelten einfachen Alphamodellvorstellung waren diese Bilder nicht vereinbar, denn bei bipolarer Ableitetechnik entspricht eine Phasenumkehrzone stets einem Potentialmaximum. Die Deutung des dreifachen Phasenwechsels war nur möglich, wenn man neben dem mittelständigen "Generator" zwei zusätzliche, laterale postulierte; alle drei miteinander in funktioneller Verbindung stehend.

Auffallend war, daß solche Bilder bevorzugt bei bipolarer Querableitung auftauchten, deren Elektrodenplatzierung nicht ganz so weit in die Temporalregion hineinreichte, wie die unsrige. Man folgerte, daß von der Temporalregion jeweils ein zweiter Alpha-herd, der sichtlich mit dem parieto-occipitalen Alphazentrum synchron ist, auf die mehr medial gelegenen Regionen übergreift.

Da man auch unter Normalpersonen, bei welchen die Querreihe laterale Umkehrzone - wenngleich inkonstant - nachweisen konnte, war man geneigt, das bei dyspraktischen Kindern gefundene Phänomen nicht mit diesem Krankheitsbild in Beziehung zu bringen, sondern bei den einzelnen Individuen eine unterschiedliche Feldkonfiguration des Alphazentrums anzunehmen.

Die Richtigkeit dieser Folgerung wird durch unsere Untersuchungsergebnisse bestätigt und gefestigt. Daß bei uns dieser Verteilungstyp vergleichsweise häufig und zwar bei Gesunden und Kranken mit unauffälligen Routine-EEG als auch bei seitendifferenten konventionellen EEG vorkommt, ist mit der etwas unterschiedlichen, die hintere Temporalregion mit einbeziehenden Elektrodenquerreihe zu erklären.

Bemerkenswert bei diesem Typ ist die Regelmäßigkeit, mit welcher die lateralen Umkehrzonen rechts zwischen Kanal 3 und 4 linksseitig zwischen Kanal 6 und 7 zu finden sind. Sie kann ein Hinweis dafür sein, daß neben dem lokalisatorisch gut zu beschreibenden Alphazentrum, bei bestimmten Individuen temporo-occipital ein weiterer, örtlich recht gut definierbarer "Generator" wirksam wird, der gegenüber dem mittelnahen Alphazentrum einer im Mittel um 180° phasenverschobene - und damit "synchrone" - Aktivität aufweist. Auch LEHMANN (Nervenarzt) findet in Abhängigkeit von der Elektrodenposition ein Potentialmaximum (Phasenumkehrzone) über der Mittellinie oder je zwei mehr lateral gelegene Maxima. Dabei soll die Potentialverteilung häufig die Form eines umgekehrten "Y" aufweisen, - ein Befund der mit unseren Beobachtungen gut zu vereinbaren ist -.

4.1.3 Das beim dritten Typ (Abb. 7 und 9) auftretende Obliquitätsphänomen zu deuten, ist nicht einfach. Bei dem von uns gebrauchten Begriff "Obliquitätstyp" handelt es sich um die Beschreibung eines wiederholt beobachteten Wellenverhaltens, bei dem gleiche Wellenmuster an aufeinanderfolgenden Orten entlang einer Elektrodenreihe mit einer zeitlichen Verschiebung von weniger als 180° auftreten.

Ob dieser Effekt einer echten Ausbreitung im Sinne von "Wanderwellen" (travelling waves) am Cortex entspricht, oder es sich um eine phasenverschobene Projektion der gleichen (subcortikalen) Aktivität handelt, ist mehrfach diskutiert worden.

Wahrscheinlich spielen beide Mechanismen eine Rolle, wobei die Ableite- und Auswertebedingungen von großer Bedeutung sind. Z.B. sind topographische Schrägstrukturen in Ableitungen von der Kopfoberfläche anders zu beurteilen als bei corticalen Ableitungen; sie entsprechen in der elektrischen Spontanaktivität eher einem realen Ausbruchphänomen als bei Averaging- und Korrelationsmethoden, wo sie eher als statistischer Ausdruck einer Tendenz zu systematischen Phasenbeziehungen gedeutet werden müssen.

Man findet Schrägstrukturen viel häufiger bei Ableitungen in Längsrichtung, meist in antero-posteriorer Richtung, als in der bipolaren Querreihe (REMOND et al. 1969). In der transhemisphärischen Ableitung zeigte sich bei ihnen eine "Führungsaktivität" entweder der rechten oder linken Hemisphäre. Diese Beobachtung konnte mit der von uns verwendeten Technik nicht gemacht werden. Allerdings war eine systematische Klärung dieser Frage nicht Ziel der Arbeit. Eingehend untersuchte H. PETSCHKE (PETSCHKE et al. 1970) das Phänomen der "Wandernden Wellen" mit Hilfe von künstlich erzeugten Krampfpotentialen am Kaninchenhirn durch direkte Ableitung von der Hirnoberfläche. Unter Wertung seiner und anderer auf diesem Gebiet durchgeführten Untersuchungen, stellte er fest, daß von Autoren, die das Phasenverhalten durch Ableitungen direkt von der Hirnoberfläche studiert hatten, regelmäßig wandernde Potentialfelder beobachtet wurden, wie z.B. LILLY 1954, PETSCHKE u. MARKO 1955, BECHTEREVA 1960, VERZANO u. NEGISKI 1960 und LIVANOV 1962. Andere aber, wie WALTER 1953, COOPER u. MUNDY - CASTLE 1960 und REMOND 1960, die nur von der Schädeloberfläche ableiteten, glaubten zeitweise es mit einem Scheinphänomen zu tun zu haben.

Als Erklärung, warum diese Erscheinung bei Ableitungen vom Schädel nicht so klar zu sehen ist wie bei corticaler Ableitetechnik, führt PETSCHKE die stark gefaltete mensch-

liche Cortexstruktur als Quelle des EEG an sowie die relativ weite Elektrodendistanz. Darüber hinaus verweist er auf die Tatsache, daß die Natur des ursprünglichen Signals durch die inhomogene gewebliche Verbindung zwischen Cortex und Schädeloberfläche auf eine nicht vorherbestimmbare Weise verändert wird.

Im EEG kommen durch Überlagerung verschieden geformter Potentialfelder komplexe Graphoelemente zur Darstellung. Die Potentialfelder, die sich in der Regel in gleicher Form wiederholen und auch in gleicher Weise ausbreiten, ändern sich aber beim Wechsel der Zytoarchitektur. So konnte PETSCHKE bei seinen Arbeiten beobachten, daß an den Rindengrenzen die Felder verschwinden oder sie aber die Entstehung eines neuen, anders geformten Feldes in der Nachbaregion anregen. Durch transversale Inzisionen bis zur Rinden-Markgrenze wurde die Ausbreitung der Potentialfelder gehemmt, so daß die Anfallsmuster zu beiden Seiten der Inzision unabhängig voneinander wurden.

Dieser von PETSCHKE erhobene und das "Abwandern" der Wellen erklärende Befund hat nur Gültigkeit für eine direkte cortikale Ableitung. Um zu einer exakten Aussage über den Ursprung, den Sitz, die Richtung, Geschwindigkeit und Weite der Ausbreitung von Potentialfeldern zu gelangen, fordert er eine zweidimensionale Analyse.

Da unsere Ableitungen weder cortical noch intracerebral, sondern von der Schädeloberfläche erfolgte, und somit ganz andere Voraussetzungen vorliegen, bleibt offen, inwieweit eine Beziehung zwischen dem bei PETSCHKE beschriebenen Phänomen und dem unsrigen besteht.

Wir beschrieben deshalb die Bilder mit "Obliquitäten" in der Querableitung, welche den Eindruck von "Wanderwellen" hervorrufen, in einer gesonderten Gruppe, die keine Beziehungen zu physiologisch, elektroencephalographischen oder klinischen Daten erkennen läßt. In der Längsreihe sind "schräge" Strukturen mit vorwiegend antero-posteriorer Ausbreitungsrichtung hingegen die Regel und in diesem Sinne "normal". (RIEGER: Persönliche Mitteilungen; Publikation in Vorbereitung.)

4.2 Diskussion der Befunde bei psychisch Kranken

Die Befunde in dieser Gruppe sind insofern bemerkenswert, als bei unauffälligem konventionellen EEG in der topographischen Darstellung von 4 der 5 Patienten gewisse Abweichungen zu den Normalpersonen zu beobachten sind. In den beiden Fällen von Schizophrenie (Abb. 10 und 11), dem Patienten mit psychopathischer Entwicklung und frag-

lichen Hirnschaden (Abb. 15), der Psychose bei Hirnarteriosklerose (Abb. 13), kommt es nicht – wie gewohnt in der Mitte zur Phasenumkehr, sondern zu einer Verschiebung nach lateral.

Zweitens kann man in diesen Fällen das Auftreten eines zusätzlichen medianen Korrelationsmaximum neben dem gewohnten lateralen finden.

Allein im Fall der Hypochondrie (Abb. 17) bei Psychasthenie stoßen wir auf vom "Normaltyp I" her bekannte Strukturen.

Die geringe Zahl der untersuchten psychisch Kranken sowie die Verschiedenheit des klinischen Bildes und seiner Ätiologie verbieten den Versuch einer diagnostischen Zuordnung der topographischen EEG-Charakteristika; daß es sich um krankheitsspezifische Abweichungen handeln könnte, wird auch beim Vergleich mit den unten darzustellenden Befunden bei neurologischen Erkrankungen unwahrscheinlich. Dennoch bleibt die Feststellung bedeutsam, daß wir bei psychisch Kranken mit normalem konventionellem EEG fast ausnahmslos Strukturen fanden, die sich von unseren und auch aus der Literatur her bekannten Befunden bei Normalpersonen unterscheiden lassen.

Über topographische Untersuchungen von psychisch Kranken wird in der Literatur nur wenig berichtet, so daß aus dieser Sicht ein Vergleich unserer Befunde nicht möglich ist.

Der von MA OUŠEK und SYNEK beschriebene Unterschied der Korrelogramme einer Neurotikergruppe mit flachem Ausgangs-EEG im Vergleich zu einer normalen Kontrollgruppe mit gleichartigem EEG, sei an dieser Stelle erwähnt; eine Gegenüberstellung der Befunde ist aus oben genannten Gründen nicht möglich.

4.3 Diskussion der Befunde bei neurologisch Erkrankten

Alle drei Fragen, die wir uns bei der Untersuchung neurologisch Kranker stellten, lassen sich bejahend beantworten.

A) Beim Vergleich der Bilder von Normalpersonen mit jenen dieser Gruppe, fallen bei zwei Patienten eine "ungewohnte" Alphaverteilung auf.

Für die Abb. 20, des Patienten mit einem zerebralen Anfallsleiden, besteht sie in der Lateralisation der Phasenumkehr nach rechts und einem rechts lokalisierten Korrelationsmaximum. Bei dem Patienten mit einer chronisch rezidivierenden Meningoencephalitis (Abb. 24) kommen chaotisch anmutende Strukturen zur Darstellung.

B) Die topographische Alpha-Verteilung der übrigen drei Patienten ist trotz einer globalen Übereinstimmung mit den Grundtypen auffällig, denn sie variiert je nach Unregelmäßigkeit des zugrunde liegenden Versuchs-EEG. So zeigt die Abb. 19 (cerebrales Anfallsleiden) über der rechten Hemisphäre einen höheren, weniger stark abfallenden Korrelationsgrad, entsprechend dem zeitweise besser ausgeprägten Alparhythmus rechts im Routine- und Versuchs-EEG. Das gleiche Phänomen - niedrige, schnell abfallende Korrelation bei unregelmäßigem Routine- und Versuchs-EEG - ist auch in der Abb. 18 (Biermer'sche Anämie) sowie den Bildern mit "ungewohnten" Strukturen erkennbar.

C) In allen Fällen vermittelt die "Karte" zusätzliche Information, sogar dann, wenn das konventionelle EEG völlig regelmäßig ist (Abb. 22, M.S.-Patient). Betrachtet man das dazu gehörige topographische Bild (Abb. 21), so fällt auf, daß gerade an der Stelle hoher Alphasaktivität im Schaubild eine Phasenumkehrzone mit niedriger Korrelation liegt.

Informationen dieser Art sind durch EEG-Routinetechniken nicht zu gewinnen. Ihre Bedeutung für "Normalität" oder "Abnormität" des EEG ist bisher nicht hinreichend bekannt.

4.4 Diskussion der Befunde bei Patienten mit seitendifferenten Ausgangs-EEG

Zusammenfassend ist bei den Ergebnissen dieser Patientengruppe mit seitendifferenten Ausgangs-EEG hervorzuheben, daß sich in allen Fällen Abweichungen in unseren topographischen Bildern wiederfinden. Auch bei jenen Kranken, deren Versuchs-EEG nur minimale Seitendifferenz aufweist (Abb. 27 und 28), sind deutliche Abweichungen im Schaubild anzutreffen. Die Empfindlichkeit der Kreuzkorrelation wird besonders bei jenem Patienten (Zustand nach Entfernung eines Angioblastoms der Kleinhirntonsille links) deutlich, dessen Versuchs-EEG (Abb. 29) als unauffällig zu bezeichnen ist, die "Karte" (Abb. 30) jedoch deutliche Seitendifferenzen enthält.

Die infolge niedriger oder fehlender Korrelation in manchen Fällen "chaotisch" anmutenden topographischen Strukturen geben die zuverlässige Information über die Lokalisation des pathologischen Geschehens (Abb. 31, 33, 34, 36), während wir Frequenzunregelmäßigkeiten und seitendifferente Abnahme des Korrelationsgrades als Funktion der Analysezeit vorerst vorsichtiger interpretieren müssen.

Als weitere Abweichung von den "Normalmustern" finden wir bei den Tumorpatienten das schon von einzelnen neurologischen und psychisch Kranken her bekannte Phänomen eines dritten, medialen Korrelationsmaximum mit zwei Phasenumkehrzonen (Abb. 26, 28, 34), wobei eine lateral verschoben ist (Abb. 34) oder aber man überhaupt nur eine Umkehrzone (Abb. 30) findet.

Die Bedeutung der Lateralisation der Phasenumkehr als Hinweis auf die pathologische Hirnhälfte, wie sie von CALISKAN beobachtet wurde, können wir hier nicht bestätigen. In sechs Fällen war zwar eine Lateralisation der Phasenumkehrzone zu verzeichnen, jedoch zur gesunden Seite hin. Bei einer Patientin (Abb. 33) trat kein Phasenwechsel auf. Dagegen gibt ein niedriger Korrelationsgrad, dessen rasche Abnahme zu chaotischen Strukturen führt, in diesen Fällen einen zuverlässigen Seitenhinweis.

Allerdings sind in diesen speziellen Fragen methodische Gesichtspunkte zu beachten: CALISKAN verwendet die "alpha-averaging" Methode mit einem Referenzkanal über einer Hemisphäre. Wir benutzen eine von der EEG-Amplitude unabhängige Analyse-methode mit Referenz über der Mittellinie. Gerade bei den außerordentlich komplexen Potentialmustern der Hirntumoren könnten solche methodischen Unterschiede von Bedeutung sein, wenngleich bei Normalbefunden gute Übereinstimmung zwischen beiden Methoden besteht.

4.5 Diskussion zur Frage der Reproduzierbarkeit

Die Gegenüberstellung der im Abstand von 3 Wochen bzw. 3 Monaten wiederholten topographischen Bilder von einigen Personen zeigen, daß die durch Kreuzkorrelation gefundene räumlich-zeitliche Alphastruktur bei vergleichbaren Ausgangsbedingungen sehr gut reproduzierbar ist.

Nahezu völlige Übereinstimmung der "Kartenstruktur", selbst nach drei Monaten, weisen unsere beiden Normalpersonen auf. Die unterschiedliche Korrelationshöhe bei den Ableitungen 30 und 47 (Abb. 38), bei identischer räumlicher Gliederung, lassen eine unterschiedliche Vigilanz zum Aufnahmezeitpunkt vermuten.

Sogar bei den zwei Tumorpatienten tritt nach drei Wochen auf der nicht betroffenen Seite keine Veränderung der Musterverteilung ein, während über der geschädigten Hemisphäre leichte Abweichungen zu verzeichnen sind. Dieser Befund spricht nicht notwendigerweise für eine mangelnde Reproduzierbarkeit, sondern ist durch die Progredienz

beider Tumoren - also einer veränderten Aufnahmesituation - erklärbar, die in der verringerten Korrelation über der betroffenen Hemisphäre ihren Niederschlag findet. Unseren Ergebnissen entsprechend, neigen wir zu der Annahme, daß die durch Korrelationstechniken definierte räumlich-zeitliche Struktur des Alpha-EEG eine weit geringere Variabilität als das Spontan-EEG aufweist und für eine bestimmte Person über längere Zeit als charakteristisch gelten kann.

Ähnliche Ergebnisse wurden mit Hilfe einer verwandten Technik (alpha average) von der Gruppe REMONDS (REMOND et al. 1969) erzielt. Auch diese Autoren berichten über eine ausgezeichnete Reproduzierbarkeit ihrer "nappes spatio-temporelles".

5. ZUSAMMENFASSUNG

Die konventionelle EEG-Kurve ist das Ergebnis einer Summation unzähliger Einzelaktivitäten, die im Cortex zur gleichen Zeit an unterschiedlichen Orten ablaufen.

Physikalischer Ausgangspunkt des EEG ist ein auf der Schädeloberfläche vorhandenes Potentialfeld, dessen Verteilung als Funktion der Zeit sehr rasch wechselt und somit sowohl chronologische als auch topographische Aspekte enthält. Diese räumlich-zeitlichen Beziehungen können durch eine visuelle Analyse nicht oder nur unvollkommen erfaßt werden. Da bislang noch wenig darüber bekannt ist, inwieweit topographische Eigenschaften des EEG reproduzierbare Beziehungen zu physiologischen oder krankhaften Funktionszuständen des Gehirns beinhalten, bedeutet die Beschränkung auf eine rein visuelle Auswertung der Kurve eine in der Praxis notwendige, aber letztlich willkürliche Einengung der möglichen Aussagefähigkeit.

Anzustreben sind zusätzliche topographische Methoden, durch welche Aufschluß über das interregionale Verhalten von Hirnrhythmen zu erhalten wäre. Das ist vor allem für Fälle zu wünschen, bei denen der Verdacht auf eine funktionelle oder läsionelle Cerebralstörung besteht, ausgeprägtere Anomalien im konventionellen EEG jedoch fehlen, und somit die visuelle Analyse die Grenzen ihrer Aussagefähigkeit erreicht hat.

Daß bislang derartige Verfahren in der klinischen Elektroencephalographie nur sporadisch Anwendung gefunden haben, ist nicht auf ihre geringe klinische Bedeutung zurückzuführen, sondern vielmehr den methodischen Schwierigkeiten anzulasten, die bei der Erfassung und ausreichenden Darstellung räumlich-zeitlicher Strukturen zu überwinden sind.

Eingangs haben wir zum historischen Überblick auf umfassende Arbeiten hingewiesen und zwei topographische Verfahren ausführlicher referiert.

So wird in der EEG-Topographie schon seit längerem die Korrelation als statistisches Maß des Zusammenhanges zwischen zwei Meßwertreihen benutzt. Meßzahl für die Höhe des Zusammenhanges ist der Korrelationskoeffizient "r", der zwischen +1 und -1 liegt. In der EEG-Topographie bietet die Kreuzkorrelationsfunktion die Möglichkeit eine quantitative Messung des Übereinstimmungsgrades zwischen zwei Zeitserien (zwei EEG-Ableitungen) zu erfassen. Das Prinzip beruht auf der reihenweisen Berechnung von Korrelationskoeffizienten nach systematischen Verschieben der Zeitachsen gegeneinander, wodurch nicht nur die Höhe der Übereinstimmung, sondern auch periodische Phänomene

vom Korrelationskurvenverlauf abzulesen sind. Beispiele für die Anwendung von Auto- und Kreuzkorrelationen wurden eingangs kurz aufgeführt. Sie wurden allerdings, soweit wir sehen, lediglich dazu benutzt, die Beziehung zwischen den elektrischen Aktivitäten zweier Hirnregionen in Beziehung zu setzen, ohne daß die den Korrelationstechniken innewohnenden topographisch-deskriptiven Möglichkeiten bisher ausgenutzt wurden.

Zweitens wird eine weitere Methode - das "alpha-average" - beschrieben, bei welcher der spontane Alpharhythmus in eine gemittelte Form überführt und anschließend auf einer Karte dargestellt wird, die die Grunddimension der Zeit, des Raumes und der Amplitude übersichtlich wiedergibt.

Diese Arbeitsrichtung wurde hier fortgesetzt, indem wir an Stelle des komplizierten und apparativ aufwendigen Alpha-Averaging die Kreuzkorrelationstechnik benutzen und die multiplen Kreuzkorrelationsfunktionen nach linearer Interpolation in Form einer Raum-Zeitkarte darstellen. Die Darstellung entspricht den "nappes spatio-temporelles" französischer Untersucher (REMOND et al. 1969).

Das Anliegen der vorliegenden Arbeit ist es, die Anwendung der Kreuzkorrelationsfunktionen ausführlicher darzustellen und die erbrachten Ergebnisse zu beschreiben. Da bislang allgemein noch erhebliche Unklarheit über die topographische Verteilung des Alpharhythmus herrscht, und sich auch durch multiple Kreuzkorrelationen erbrachte Befunde nur auf einige wenige Normalpersonen beziehen, war es zunächst nötig, die Auswahl der Versuchspersonen unter dem Aspekt einer deskriptiven Bestandsaufnahme ohne unmittelbar krankheitsbezogene Zielsetzung zu treffen. In Hinblick auf den orientierenden Charakter der Untersuchung, die Vielfalt der klinischen und elektroencephalographischen Variablen, und die im Vergleich hierzu geringe Patientenzahl verbietet sich eine statistische Aufarbeitung des Materials im jetzigen Stadium.

Wir untersuchten die topographischen Verteilungsmuster von insgesamt 24 Personen. 6 Normalpersonen, 5 psychisch Kranke und 5 neurologische Fälle zeigten ein weitgehend unauffälliges Ausgangs-EEG. Bei den restlichen 8 Personen handelt es sich vorwiegend um Tumorpatienten mit unilateralen Anomalien im Versuchs-EEG.

A) Bei der Bildauswertung interessierte zunächst die Frage, welche Strukturen bei klinisch Gesunden anzutreffen sind. In der Gruppe der Normalpersonen finden wir drei unterschiedliche Verteilungsmuster, die auch bei 7 Kranken, wenn auch in leicht abgewandelter Form, zu erkennen sind.

Der erste, am häufigsten auftretende Typ, ist durch einfache Gesamtstruktur mit Phasenumkehr über der Mittellinie und zwei lateralen Korrelationsmaxima und strenger Seitensymmetrie gekennzeichnet.

Eine komplexere, aber trotzdem geordnete räumliche Verteilung finden wir am zweithäufigsten. Sie ist durch ein laterales paramedianes Korrelationsmaximum über jeder Hemisphäre sowie zwei zusätzliche laterale Phasenumkehrzonen charakterisiert.

Der dritte, in bipolaren Querableitungen seltener anzutreffende Typ weist regelmäßige, schräge Strukturen auf, die eine sichere Lokalisation des Ortes der Phasenumkehr erschweren, bisweilen unmöglich machen. Wir nennen diese Konfiguration aufgrund des schrägen Verteilungsmusters "Obliquitätstyp".

B) Bei den Personen mit psychischen oder hirnorganischen Störungen war die Frage zu beantworten, ob Abweichungen von den "gewohnten" Mustern auftreten, obschon das Versuchs-EEG bei visueller Analyse unauffällig war, und somit eine zusätzliche Information durch diese Methode erhalten werden kann.

In der Gruppe psychisch Kranker fand sich nur bei einem Hypochonder mit vorgegebener Psychasthenie ein "gewohntes" Bild. Die restlichen vier Patienten, zwei mit Schizophrenien, einer arteriosklerotisch bedingten Psychose und einer psychopathischen Entwicklung weisen "ungewohnte" Bilder auf, die sich durch Ausbildung von drei Maximalzonen und einer mehr oder weniger deutlichen Lateralisation der Phasenumkehr von den "gewohnten" abheben. Eine ungeordnete, fast chaotische Struktur finden wir bei einer Patientin mit sklerotisch bedingter Psychose.

Von vier neurologischen Fällen mit unauffälligem Versuchs-EEG besitzen ein Patient mit einer Multiplen Sklerose und ein weiterer mit beidseitigem Zentralskotoom bei Biermer'scher Anämie eine "normale" Verteilung vom Typ I bzw. II. Ein Kranker mit psychomotorischen Anfällen läßt ebenfalls den II. Typ erkennen, unterscheidet sich jedoch von dem "gewohnten" Bild hinsichtlich einer deutlichen Seitendifferenz des Korrelationsgrades. In einem anderen Fall von Epilepsie fällt eine Lateralisation der Phasenumkehr mit zusätzlichem paramedianen Maximum und niedrigen Korrelationsgrad an dieser Stelle auf. Ein Patient mit chronisch rezidivierender Meningoencephalitis, dessen Versuchs-

EEG bereits pathologisch ist, jedoch keine deutliche Seitendifferenz aufweist, zeigt eine chaotische Struktur bei allgemein niedrigem Korrelationsgrad.

Wir finden somit in einer Gruppe psychisch und hirnorganisch Kranker mit unauffälligem konventionellen EEG eine auffällige Häufung von Befunden, die sich von dem eingangs definierten "Normaltyp" unterscheiden. Insofern ist es berechtigt anzunehmen, daß topographische Untersuchungen wichtige Informationen bringen können, die die Aussagefähigkeit der üblichen EEG-Diagnostik verbessern. Zur Frage der diagnostischen Spezifität sind nunmehr gezielte Untersuchungen erforderlich, die uns aufgrund der bisherigen Ergebnisse gerechtfertigt erscheinen.

C) Drittens interessierte die Frage, inwieweit unilaterale Anomalien im Versuchs-EEG in den topographischen Darstellungen wiederzufinden sind und ob, wie bei CALISKAN et al. (1970), bei unseren Tumorpatienten eine Beziehung zwischen Lateralisation von Phasenumkehrzone und Tumorsitz besteht. In all diesen Fällen finden wir vom "gewohnten" Typ abweichende räumliche Verteilungsmuster mit Betonung der betroffenen Hemisphäre, was sich in einem niedrigen Korrelationsgrad, rascher Abfalltendenz desselben und unregelmäßigen bis chaotischen Strukturen äußert. Selbst bei einem Patienten, dessen linke Kleinhirntonsille wegen eines Angioblastoms entfernt wurde und dessen Versuchs-EEG nicht pathologisch ist, gibt die ungewohnte Konfiguration einen deutlichen Seitenhinweis. Die Interpretation dieses Befundes wird die Möglichkeit einer Hemisphärenschädigung durch gerichteten Hirndruck, postoperative oder tumorbedingte vaskuläre Störung in Rechnung stellen, da sich infratentorielle Prozesse nur indirekt auf das Oberflächen-EEG auswirken.

Von den acht Fällen ließen drei noch eine regelmäßige Grundstruktur erkennen, wichen aber durch Lateralisation der Phasenumkehr von dem "gewohnten" Bild ab. Zwei weitere zeigten ebenfalls dieses Phänomen, besaßen zusätzlich ein drittes Korrelationsmaximum. Drei Patienten hatten ein chaotisches Isokorrelationsmuster, zwei von ihnen nur auf der geschädigten Seite.

In zwei Fällen wiederholten wir die Aufnahme im Abstand von 3 Wochen. Die Zweitaufnahmen dieser Patienten wiesen bei gleichbleibenden Versuchs-EEG eine deutliche Verschlechterung der räumlichen Gliederung der Tumorseite auf.

Eine Bedeutung können wir der Lateralisation der Phasenumkehrzone als Hinweis auf

den Tumorsitz aufgrund unserer Ergebnisse nicht beimessen. In sechs Fällen ist sie zur gesunden Seite hin verlagert, in einem Fall liegt sie an "gewohnter" Stelle. Ein geringer Korrelationsgrad und dessen rascher Abfall mit dadurch bedingten unregelmäßigen und chaotischen Mustern geben dagegen in allen Fällen einen exakten Lokalisierungshinweis. Daß methodische Unterschiede hier eine Rolle spielen mögen, haben wir an anderer Stelle erörtert.

D) Mit dem Ziel die Reproduzierbarkeit der durch multiple Kreuzkorrelationen gefundenen räumlich-zeitlichen Verteilungsmuster zu überprüfen, haben wir zwei Aufnahmen von Normalpersonen im dreimonatigen und die zweier Tumorpatienten im dreiwöchigen Abstand wiederholt.

Ein Vergleich der Bilder zeigt, daß die gefundene Alphaverteilung auf beiden Karten identisch ist. Nahezu völlige Übereinstimmung, selbst nach drei Monaten, weisen die Karten beider Normalpersonen auf. Bei den zwei Tumorpatienten tritt innerhalb drei Wochen auf der gesunden Seite keine Veränderung ein, während man über der Tumorehemisphäre leichte Differenzen beobachtet, die jedoch auf die Progredienz des Prozesses zurückgeführt werden können.

Demgemäß könnte die räumlich-zeitliche Alphastruktur - im Gegensatz zum ständig wechselnden Aspekt des spontanen EEG - eine "Konstante" darstellen, die für eine bestimmte Person über lange Zeit charakteristisch ist.

E) Es ergeben sich diese Schlußfolgerungen:

1. Die Methode ist für topographische Untersuchungen gut geeignet.
2. Im Fall des pathologischen konventionellen EEG zeigt die topographische Analyse "ungewohnte" Anordnungen, die durch örtliche Lage und Anzahl von Phasenumkehrzonen, durch Zonen von Korrelationsmaxima sowie durch Intensitätsgrade der Korrelation und deren Abfall definiert sind.
3. Bei neuropsychiatrisch Kranken mit unauffälligem EEG treten Abweichungen vergleichbarer Art auf, die gegenüber der Routinediagnostik eine neue Information beinhalten, deren Bedeutung durch weitere Untersuchungen zu klären ist.

6. BIBLIOGRAPHIE

- BARBER, N.F. Experimental correlograms and fourier transforms.
Pergamon, London, 136 p. (1961)
Zitat nach H. Petsche: Handbook of EEG and clin. Neurophysiol. Vol. 5; P. B: 54
- BECHTEREVA, N.P. Application of electrophysiological methods of investigation in neurosurgery.
Bull.Sci.Med. Couns. R.S.F.S.R. Minist. Health, 5: 24-29 (1960)
Zitat nach H. Petsche: EEG-clin Neurophysiol. P. 29: 576 (1970)
- BENDAT, J.S.,
A.G. PIERSON Measurement and analysis of random data.
Wiley, London, 390 p. (1966)
Zitat nach H. Petsche: Handbook of EEG and clin. Neurophysiol. Vol. 5; P. B: 54
- BRAZIER, M.A.,
J. CASBY Crosscorrelation and autocorrelation studies of electroencephalographic potentials.
Electroenceph. clin. Neurophysiol., 4: 201-211 (1952)
- CALISKAN, A.,
J. GACHES,
N. LESÈVRE,
A. RÉMOND Organisation spatio-temporelle du rythme alpha moyen chez des malades présentant des lésions expansives.
Rev. neurol. 123: 259-260 (1970)
- COOPER, R.,
A.C. MUNDY-CASTLE Spatial and temporal characteristics of alpha rhythm. A toposcopic analysis.
Electroenceph. clin. Neurophysiol., 12: 153-165 (1960)
- DARROW, C.W.,
R.G. HICKS Interarea electroencephalographic phase relationships following sensory and ideational stimuli.
Psychophysiology 1: 337-346 (1965)
- JENKINS, G.M.,
D.G. WATTS Spectral analysis and its applications.
Holden-Day, London, 523 p. (1968)
Zitat nach H. Petsche: Handbook of EEG and clin. Neurophysiol. Vol. 5; P. B: 54
- JOSEPH, J.P.,
H. RIEGER,
A. RÉMOND Un modèle théorique d'alpha moyen.
Rev. neurol. 117: 208-211 (1967)
- JOSEPH, J.P.,
A. RÉMOND,
H. RIEGER,
N. LESÈVRE The alpha average. II. Quantitative study and the proposition of a theoretical model.
Electroenceph. clin. Neurophysiol. 26: 350-360 (1969)

- KAMP, A.,
W. STORM VAN LEEUWEN,
A.M. TIELEN
A method for auto- and cross-relation analysis of EEG.
Electroenceph. clin. Neurophysiol. 19: 91-95 (1965)
- LAIRY, G.C.,
A. REMOND,
H. RIEGER,
N. LESEVRE
The alpha average. III. Clinical application in children.
Electroenceph. clin. Neurophysiol. 26: 453-467 (1969)
- LEHMANN, D.
EEG-Analyse und psychische Funktionen.
Nervenarzt, 42: 257-262 (1971 a)
- LEHMANN, D.
Multichannel topography of human alpha-EEG fields.
Electroenceph. clin. Neurophysiol. 31: 439-449 (1971 b)
- LILLY, J.C.
Instantaneous relations between the activities of closely spaced zones on the cerebral cortex. Electrical figures during responses and spontaneous activity.
Amer. J. Physiol., 176: 493-504 (1954)
- LISKE, E.,
H.M. HUGHES,
D.E. STOWE
Crosscorrelation of human alpha activity: Normative data.
Electroenceph. clin. Neurophysiol. 22: 429-436 (1967)
- LIVANOV, M.N.
Spatial analysis of bioelectrical activity of the brain. 12: 399-407 (1962)
J. Higher Nerv. Activ. (Moscow)
Zitat nach H. Petsche: EEG-clin. Neurophysiol. 29: 576 (1970)
- MATOUŠEK, M.
Frequency and correlation analysis.
Handbook of EEG and clin. Neurophysiol., Vol. 5, Part A, 79-99 (1973)
- PETSCHÉ, H.,
A. MARKO
Über die Ausbreitung der Makrorhythmen am Gehirn des Menschen und des Kaninchens aufgrund toposkopischer Untersuchungen.
Arch. Psychiat. Nervenkr. 193: 177-198 (1955)
- PETSCHÉ, H.,
P. RAPPELSBERGER,
R. TRAPPL
Properties of cortical seizure potential fields.
Electroenceph. clin. Neurophysiol. 29: 567-578 (1970)
- PETSCHÉ, H.
EEG Topography.
Handbook of Electroenceph. and clin. Neurophysiol., Vol. 5, Part B, 54-60 (1972)
- POZO-OLANO, J.D.
J. MEZAN,
A. REMOND
Les relations de phase orthogonales en EEG; montage en croix.
Rev. neurol. 41: 117-136 (1967)

REMOND, A.

The importance of topographic data in EEG phenomena, and an electrical model to reproduce them.

In D.O. WALTER and M.A. BRAZIER (Eds.),
Advances in EEG analysis.

Electroenceph. clin. Neurophysiol. 27:
29-49 (1968)

REMOND, A.,
N. LESEVRE,
J.P. JOSEPH,
H. RIEGER,
G.C. LAIRY

The alpha average.

I. Methodology and description.

Electroenceph. clin. Neurophysiol. 26:
245-265 (1969)

RIEGER, H.

Die topographische Dimension des Elektroencephalogramms.

Habilitationsschrift, Mainz 1972

RIEGER, H.

L'utilisation des fonctions de corrélation dans la recherche EEG topographique Revue EEG Neurophysiol. (Paris) Bd. 3, Nr. 2, 298-300 (1973)

RIEGER, H.,
W. GABEL

The serial display of cross-correlation functions - an approach to the spatio-temporal organisation of the EEG.

Electroenceph. clin. Neurophysiol. 34:
729-730 (1973)

SATO, K.,
N. HONDA, K. MIMURA,
R. OZAKI, S. MASUYA
S. TERAMOTO, K. KITAJIMA

A simplified method for autocorrelation analysis in electroencephalography.

Electroenceph. clin. Neurophysiol. 14:
269-271 (1962 a)

SATO, K.,
N. HONDA, K. MIMURA,
T. OZAKI, S. MASUYA,
K. KITAJIMA

A simplified method for crosscorrelation analysis.

Electroenceph. clin. Neurophysiol. 14:
767-768 (1962 b)

STORM VAN LEEUWEN, W.,
A. KAMP, A.M. TIELEN

Une méthode simple pour effectuer une certaine forme d' "auto" et "cross" correlation de l'EEG. Rev. neurol. 109: 259-260 (1963)

VERZEANO, M.,
K. NEGISKI

Neuronal activity in cortical and thalamic networks.

J. gen. Physiol., 43 Suppl. 6: 177-195 (1960)

Zitat nach H. Petsche: EEG-clin. Neurophysiol. 29: 576 (1970)

WALSH, E.G.

Autonomy of alpha rhythm generators studied by multiple channel cross-correlation.

Electroenceph. clin. Neurophysiol. 10:
121-130 (1958)

WALTER, D.O.

Spectral analysis for electroencephalograms:
Mathematical determination of neurophysiological relationship from records of limited duration.

Exp. Neurol., 155-181 (1963)

Zitat nach H. Petsche: Handbook of EEG and clin. Neurophysiol., Vol. 5; P. B: 54

WALTER, D.O.

Digital processings of bioelectrical phenomena.
Handbook of Electroenceph. and clin. Neurophysiol., Vol. 4, Part B, 26-28 (1972)

WALTER, W.G.

Toposcopy.

Electroenceph. clin. Neurophysiol. 4:
7-16 (1953)

Bei der Ausführung der vorliegenden Arbeit an der Neuro-Psychiatrischen Universitätsklinik Mainz unter der Direktion von Herrn Prof. Dr. U.H. Peters habe ich durch Herrn Prof. Dr. H. Rieger ständige Förderung und verständnisvolle Unterstützung erfahren.

Ich bin hierfür zu großem Dank verpflichtet.

Herr Schicketanz erwies mir seine freundliche Bereitschaft, statistische Belange zu überprüfen.

Für ihre Mühewaltung bei der Ableitung von EEG-Kurven danke ich Frau Erika Bakausky, Frau Jung Soon Shin und Frau A. Jeannine Palm.

Bei Frau Marlis Gäbig bedanke ich mich für das sorgfältige Schreiben des Manuskriptes.

LEBENS LAUF

- 11.5.42 Geburt in Treffurt/Thüringen; Vater Oberamtsrichter. Konfession: röm. kath. .
- 1947 Nach der Entlassung des Vaters aus der Kriegsgefangenschaft, Umzug nach Heiligenstadt/Eichsfeld.
- 1948 Einschulung in die dortige Volksschule.
- 1949 Flucht des Vaters in die Bundesrepublik, wo er zunächst als Angestellter, von 1950 bis 53 als Hilfsrichter in Niedersachsen tätig war, bis er 1954 als Richter auf Lebenszeit in Nordhorn eingestellt wurde.
- 1956 Übersiedlung aus der DDR in die BR zum Vater. Wegen fehlender Kenntnisse in den Fremdsprachen Rückstufung in die 6. Klasse des Gymnasiums Nordhorn.
- 1965 Abitur am Gymnasium Nordhorn.
- 1965-1966 Bundeswehrdienst mit Ausbildung zum Sanitätsoffizier.
- 1966 Beginn des Medizinstudiums an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz.
- 2.10.67 Naturwissenschaftliche Vorprüfung ("gut").
- 21.3.69 Physikum ("gut") an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz.
- 4.7.72 Medizinisches Staatsexamen ("gut"), ebenfalls in Mainz.
- Anschließend neunmonatige Beschäftigung mit dem praktischen Teil meiner Dissertationsarbeit an der Neuropsychiatrie in Mainz ohne feste Anstellung. Nebenher Tätigkeit als EEG-Assistent in einem EEG-Labor einer neuropsychiatrischen Praxis in Frankfurt.
- 1.5.73-31.10.73 Medizinalassistent an der Neuropsychiatrie in Mainz.
- Nov. 73-April 74 Abfassung der Dissertationsarbeit.
- 1.5.74-31.8.74 Medizinalassistent in der Medizinischen Klinik des St. Katharinen-Krankenhauses in Frankfurt.
- 1.9.74 bis zum laufenden Datum Medizinalassistent in der Chirurgischen Klinik desselben Krankenhauses.

